



Susanna Suomela

Elinkaarinäkökulman huomioiminen infra-alan hankkeiden hankinnassa

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi
diplomi-insinöörin tutkintoa varten.

Espoossa 6.5.2019

Valvoja: Professori Leena Korkiala-Tanttu

Ohjaaja: DI Matti Piispanen, DI Janne Rantanen

Tekijä Susanna Suomela

Työn nimi Elinkaarinäkökulman huomioiminen infra-alan hankkeiden hankinnassa

Maisteriohjelma Georakentaminen

Koodi ENG23

Työn valvoja Professori Leena Korkiala-Tanttu

Työn ohjaaja(t) DI Matti Piispanen, DI Janne Rantanen

Päivämäärä 06.05.2019

Sivumäärä 62 +15

Kieli suomi

Tiivistelmä

Isot infra-alan hankinnat tehdään yleensä investointikustannusarvion perusteella, vaikka elinkaarikustannuksiin perustuvilla valinnoilla voitaisiin säästää rahaa pidemmällä aikavälillä. Lisäksi ilmastonmuutos ja kiristyvät CO₂-päästövähennystavoitteet ohjaavat liikenteen päästöjen vähentämisen lisäksi pohtimaan myös rakentamisen ja ylläpidon aikaisia hiilidioksidipäästöjä ja niiden vähentämistä. Diplomityön tavoitteena oli selvittää, miten Väylävirastossa tällä hetkellä huomioidaan elinkaarinäkökulma hankintaprosessissa, ja miten elinkaariasiat voitaisiin paremmin ottaa mukaan prosessiin. Tämä tutkimus on osa siltojen elinkaarihankkeiden selvityksiä, joiden tarkoituksena on luoda toimintamalli elinkaarinäkökulman huomioimiseen hankintaprosessin tueksi.

Työn kirjallisuusselvityksessä kartoitettiin yleisesti elinkaarinäkökulman merkitystä ja Väyläviraston hanke- ja hankintamenetelmiä. Haastatteluosiossa puolestaan kuultiin asiantuntijoiden käytännön kokemuksia ja näkemyksiä elinkaariasioihin liittyen. Haastattelujen perusteella voitiin kartoittaa elinkaarinäkökulman huomioimisen nykytilanne, ja lisäksi löydettiin ne esteet, jotka vaikeuttavat elinkaarinäkökulman huomioimisen yleistymistä. Haastatteluissa tuli esiin myös paljon kehitysehdotuksia sekä yleinen positiivinen asenne, joka kannustaa elinkaariasioiden kehittämiseen ja mahdollistaa niiden laajemman hyödyntämisen tulevaisuudessa. Tutkimuksen kolmannessa osassa testattiin elinkaarilaskinta siltakohteessa, ja laskimen kehittämiseen liittyviä seikkoja. Lisäksi selvitettiin investoinnin hiilijalanjälkeä. Tutkimuksen tuloksena saatiin suositukset siitä, miten elinkaarinäkökulmaa kannattaisi viedä eteenpäin.

Suosituksena on, että aloitettua selvitystyötä jatketaan kehittämällä seuraavaksi elinkaaritietokantaa ja elinkaarilaskinta sekä elinkaariasiantuntijan tehtäväkuvausta laskennan ja prosessin tueksi. Työkaluja kehittämällä myös tiedonkulun ongelmaan saadaan helpotusta.

Elinkaarilaskennan ongelmaksi voi helposti muodostua monimutkaisuus. Tulisikin miettiä, mitkä asiat on otettava mukaan arviointiin, ja mitkä asiat, tai missä tilanteessa, voidaan tarpeen mukaan jättää tarkastelun ulkopuolelle. Laskentaa voitaisiin kehittää askel kerrallaan, ja menetelmän, rutiinien ja välineiden kehittyessä elinkaariarviointi tulisi yhä yksityiskohtaisemmaksi, tarkemmaksi ja luotettavammaksi, sekä laajasti hyödynnetyksi alalla osana suunnittelun ja hankinnan prosessia. Olisi tärkeää saada elinkaarilaskenta standardoitua siten, että laskelmien vertailu olisi mahdollista riippumatta laskennan tuesta tahosta. Myös jatkotutkimusta tarvitaan vielä useilla osa-alueilla.

Avainsanat elinkaari, elinkaarinäkökulma, elinkaarikustannus, siltojen elinkaari, infra-rakentaminen, hankinta



Author Susanna Suomela

Title of thesis Taking a life cycle aspect into the procurement processes in civil engineering projects

Master programme Geoengineering

Code ENG23

Thesis supervisor Professor Leena Korkiala-Tanttu

Thesis advisor(s) M.SC. Matti Piispanen, M.Sc. Janne Rantanen

Date 06.05.2019

Number of pages 62 + 15

Language Finnish

Abstract

The majority of the large infrastructure procurement decisions is made based on investment cost calculations only, even if money could be saved if the decisions were based on life cycle calculations. The climate change and tightening CO₂ emissions reduction requirements, in addition to reducing emissions from transport, increase the need to pay attention on CO₂ emission in construction and maintenance. This Master's Thesis is a part of a series of the bridge life cycle project, that aims to create a procurement process that takes life cycle matters in to consideration.

The aim of this Master's Thesis was to find out, how the procurement processes of the Finnish Transport Infrastructure Agency consider life cycle aspects and how the processes could be improved in that matter.

The thesis consists of a literature study part and a research part that was conducted with interviews. Also, there is a testing part, where life cycle costs and CO₂ emission calculation methods were tested on two bridges, one of concrete and one of steel structure, to see, how the calculation methods work and how they should be developed.

As a result of the research, there is a recommendation to develop further the life cycle cost calculation tool and to establish a new life cycle database tool to collect the needed data from the maintenance phase. The data should be available for the designers, when they start designing new bridge projects. In addition, it would be necessary to create a specific expertise of a life cycle consult, who could help defining the life cycle processes. The atmosphere in the field is very positive for the life cycle matters, so it would be a good moment to make strategic decisions and start actively developing the processes toward better observing and controlling the life cycle matters.

Keywords life cycle, life cycle aspect, life cycle costs, bridge life cycle, civil engineering, procurement

Alkusanat

Väylävirasto on ollut aktiivinen siltojen elinkaarilaskennan kehittämisessä, ja erilaisia tutkimuksia asiasta on tehty, jotta siltojen elinkaaren aikaiset kustannukset saataisiin keskiöön investointikustannusten sijaan investointipäätöksiä tehtäessä. Tämä diplomityö on osa tätä tutkimussarjaa. Haluan kiittää Väylävirastoa ja Rapal Oy:tä ajankohtaisen ja kiinnostavan aiheen tutkimisen mahdollisuudesta. Erityisesti haluan kiittää ohjaajiani Matti Piispasta ja Janne Rantasta ohjeista, tuesta ja kärsivällisyydestä. Kiitän myös Väyläviraston Timo Tirkkosta osallistumisesta keskusteluun ja ohjaamiseen. Haluan kiittää valvojaani, professori Leena Korkiala-Tanttua arvokkaista neuvoista ja kannustuksesta matkan varrella. Hyvän, aktiivisen ohjausryhmän kanssa käydyt keskustelut antoivat pohjan työlleni. Haluan myös kiittää lämpimästi kaikkia haastatteluihin osallistuneita asiantuntijoita, joiden ansiosta sain arvokasta tietoa tutkimukseeni.

Lapsen kasvattamiseen tarvitaan koko kylä ja paljon aikaa, ja näin näyttää joskus olevan myös diplomi-insinööriksi kasvamisen laita. Ilman tukea, apua ja neuvoja ei diplomityöstä ja opiskelusta olisi tullut yhtään mitään. Kiitos vanhemmilleni ja appivanhemmilleni tuesta sekä lastenhoitoavusta ja mahdollisuuksista hengähtää välillä. Lämpimät kiitokseni myös ystäväilleni kannustuksesta. Suurin kiitokseni on osoitettu puolisololleni - peruskalliolleni ja mentorilleni - sekä lapsilleni: teitte tästä kaikesta vaivan arvoisen, ja tämä kirja on omistettu teille.

Espoo 6.5.2019

Susanna Suomela

Susanna Suomela

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	
Abstract	
Alkusanat	
Sisällysluettelo	5
Käsitteet	6
Lyhenteet	7
1 Johdanto	8
1.1 Tausta	8
1.2 Tutkimusongelma.....	9
1.3 Tutkimus, tavoitteet ja rajaus	9
1.4 Tutkimusmenetelmä.....	10
2 Elinkaariajattelu infra-alalla	11
2.1 Elinkaarinäkökulma	11
2.2 Ympäristövaikutukset	12
2.2.1 Liikenteen ja liikenneinfrastruktuurin aiheuttamat ympäristöhaitat	13
2.2.2 Väyläviraston ympäristöjärjestelmä	15
2.2.3 Ympäristöhaittojen arvottaminen	16
2.3 Elinkaarikustannukset	17
2.4 Elinkaarivaikutusten selvitykseen käytettävät työkalut, elinkaaritarkastelut.....	21
2.5 Elinkaarinäkökulma muualla maailmalla.....	22
3 Hanke- ja hankintaprosessit Väylävirastossa.....	24
3.1 Mikä ohjaa hankkeitten hankkimista ja hankintoja?	24
3.2 Tilaajan hankeprosessi	25
3.2.1 Hankkeiden suunnittelu- eli hankeprosessi.....	25
3.2.2 Siltojen suunnittelu ja siltatieto.....	27
3.3 Väyläviraston hankintaprosessi.....	30
3.4 Hankinnan vaiheet elinkaariajattelun näkökulmasta.....	36
4 Haastattelututkimus	37
4.1 Haastattelujen toteutus	37
4.1.1 Haastateltavat.....	37
4.1.2 Haastattelujen rakenne	38
4.1.3 Haastattelut ja analysointi	38
4.2 Haastattelujen tulokset	38
4.2.1 Elinkaarinäkökulman soveltamisen nykytila	38
4.2.2 Haasteet.....	39
4.2.3 Hankintamuodon ja hankkeen koon vaikutus	41
4.2.4 Muut haastatteluissa esiin tulleet asiat.....	41
4.2.5 Ehdotukset	42
5 Menetelmän soveltaminen	45
5.1 Elinkaarilaskennan testaaminen	45
5.2 Laskentatestin tulokset ja pohdinta	47
6 Yhteenveto	53
Liiteluettelo.....	62
Liitteet	

Käsitteet

Elinkaari	Rakenteen tai muun tuotteen vaiheita materiaalien hankinnasta valmistukseen, rakentamiseen ja käyttöön. Elinkaari sisältää kunnossapidon, huollon ja loppusijoituksen. [Korkiala-Tanttu et al. 2006, s. 3].
Elinkaarimalli	Elinkaarimalli on julkisten hankintojen hankintamuoto, jossa yhdellä sopimuksella sovitaan yleensä 20-30 vuoden aikaisesta hankkeesta, ja suunnittelun, rakentamisen sekä ylläpidon lisäksi myös rahoituksesta. Sopimuksen osapuolet ovat julkinen tilaaja ja yksityisen puolen palveluyritys. [Rintala et al, 2010. s. 4].
Hankinta	Hankinnalla tarkoitetaan organisaation toimintaan, ylläpitoon, johtamiseen ja kehittämiseen tarvittavien ulkopuolisten resursien, palveluiden ja tuotteiden, hallintaa. [Liikennevirasto, 2013/3, s. 6].
Infrahanke	Infrahankeella tarkoitetaan tässä työssä liikenneyhteyksien, energiaverkostojen ja vesihuoltoverkostojen maa- ja vesirakentamisen hankkeita. [Siipo, 2004. s. 12].
Julkinen hankinta	Julkisia hankintoja ovat valtion, kunnan, valtion liikelaitosten sekä muiden hankintalainsäädännössä määriteltujen hankintayksiköiden oman organisaationsa ulkopuolelta tekemät tavara-, palvelu ja urakkahankinnat. Hankintalainsäädäntö määrittää julkisten hankintojen hankinnan menettelytavat. Hankintalainsäädännöllä pyritään julkisten varojen tehokkaaseen käyttöön. [HILMA, 2018].
Kestävä rakentaminen	Kestävä rakentaminen on vastuullista rakentamista, joka ottaa huomioon rakentamisen taloudelliset, ekologiset ja sosiaaliset näkökulmat. Kestävälle rakentamiselle olennaista on rakentamisen ratkaisujen elinkaaren ja vastuullisuuden huomioiminen. [Rakennusteollisuus, 2018].
Taitorakenne	Taitorakenteiksi luokitellaan sellaiset rakenteet, joiden rakentamisen tulee perustua lujuuslaskelmiin. Mikäli taitorakenteiden suunnittelussa tai rakentamisessa tehdään virheitä, ihmisille ja liikennejärjestelmille saattaa aiheutua vaaraa sekä merkittäviä korjauskustannuksia. [Liikennevirasto, 2015. s. 11].

Lyhenteet

CO ₂	Hiilidioksidi, käytetään tässä yleisesti sekä hiilidioksidi-päästöistä että hiilidioksidiekvivalenteista päästöistä
dBA	Desibeli, A-painotettu, eli ihmisen kuuloalueen mukaan painotettu äänenvoimakkuuden yksikkö
KU	Kokonaisurakka
LCA	Life Cycle Analysis, elinkaarianalyysi
LCC	Life Cycle Costing, elinkaarikustannuslaskenta
LVM	Liikenne- ja viestintäministeriö
ST	Suunnittele ja toteuta -urakkamalli
VTT	Valtion tieteellinen tutkimuslaitos

1 Johdanto

1.1 Tausta

Julkisten hankintojen merkitys kansantaloudessa on huomattava. Väyläviraston (ennen Liikennevirasto) osuus julkisen sektorin hankintojen kokonaismäärästä on 8 %. Infra-alan hankintoja valtio tekee noin 4 - 4,5 miljardilla eurolla vuodessa. Tästä Väyläviraston osuus on noin kolmannes, eli 1,6 Mrd. euroa. Väyläviraston vuosirahoituksesta 1000 milj. € kohdistetaan perusväylänpitoon (kunnossapito, ylläpito, parantaminen ja liikennepalvelut) ja 370 milj. € kehittämisinvestointeihin. [Liikennevirasto, 2013, s. 10].

Julkisia hankintoja tekevä hankintaviranomainen edustaa veronmaksajien rahoilla toimivaa julkista organisaatiota. Hankintaa tehdessä viranomaisen tulee pyrkiä sekä toimimaan oikeudenmukaisesti, että saamaan käytettävissä olevalle rahalle paras vastine. Hankinta tehdään EU:n direktiivejä ja niihin pohjautuvia kansallisia lakeja ja määräyksiä noudattaen, yhdenvertaisesti tarjoajia kohdellen ja avoimesti. Tämä voi tarkoittaa halvimman tarjouksen valitsemista, mutta myös muuta. Hankintaa tulisi ajatella kokonaisuutena, jossa paras vaihtoehto valitaan asetetuissa raameissa, joihin voi sisältyä myös sosiaalinen ja ympäristönäkökulma. Hankintaa tekevällä viranomaisella on suuri vaikutusmahdollisuus siihen, mitä he haluavat hankkia. [Euroopan komissio, 2016. ss. 21-22].

Jos hankinta tehdään ajatteleamalla koko elinkaaren aikaisia kustannuksia pelkän investointikustannuksen sijaan, voidaan säästää rahaa. [Euroopan komissio, 2016, s. 2-3]. Usein edelleen hankintapäätös tehdään investointikustannuksen perusteella. Kuitenkin elinkaarikustannusten huomioiminen hankinnoissa olisi taloudellisesti järkevämpää. [Euroopan komissio, 2016, s. 26].

Väylävirasto linjaa ympäristöpolitiikassaan vastuunsa ympäristöstä. Tilaajana virasto edellyttää palveluntuottajilta hyvää ympäristölaatua sekä elinkaaren aikaisten vaikutusten hallintaa. [Liikennevirasto, 2014. s. 8]. Väylävirasto on sitoutunut työstämään, valmistelemaan ja panemaan toimeen hallitusohjelmassa ja liikennepoliittisessa selonteossa esiintuodut tavoitteet liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen, ilmastomuutoksen hillintään ja siihen sopeutumiseen. Lisäksi virasto pyrkii minimoimaan omissa toimissaan liikenteen terveydelle ja luonnolle aiheuttamia haittoja [Liikennevirasto 2013/2, ss. 4-5]. EU:n päästötavoitteet Suomelle ovat tiukat ja kunnianhimoiset. Liikenne tuottaa Suomen kokonaiskasvihuonepäästöistä 40 %, ja tavoitteena on vähentää vuoteen 2030 mennessä niistä puolet verrattuna vuoden 2005 päästöihin. Suurin osa liikenteen päästöistä aiheutuu tieliikenteestä, ja suurin päästövähennys saavutetaan korvaamalla fossiilisia polttoaineita uusiutuvilla energiamuodoilla ja sähköllä, sekä energiatehokkuuden parantamisella. [Huttunen, 2017. s. 54-55]. Myös liikennejärjestelmätason päätöksillä, alueidenkäytöllä ja kaavoituksella on merkittävä rooli liikenteen päästöjen vähentämiseen [Huttunen, 2017. s. 52]. Nämä toimet yksin eivät kuitenkaan riitä, sillä kaikki infran rakentaminen pienentää saatuja ympäristöhyötyjä [Huttunen, 2017 s. 93]. Näyttää myös siltä, että tulevaisuudessa EU:n sääntely kohdistuu energia- ja resurssitehokkuuden lisäksi enemmän itse rakentamiseen sekä siihen käytettäviin materiaaleihin. [Ekroos et al., 2018. s. 14]. Täten myös infran rakentamisen, korjaamisen ja ylläpidon aiheuttamat päästöt tulee ottaa tarkasteltaviksi. Väylävirasto pitää tärkeänä infran koko elinkaaren aikaisen kestävä liikenteen ja väylänpidon varmistamisen. [Liikennevirasto, 2016, s. 6].

Väyläviraston keskeisimpiin tavoitteisiin kuuluu asiakas- ja käyttäjälähtöisyyden parantamisen ja turvallisuuden edistämisen lisäksi myös kestävä kehityksen mukaisesti ratkaisuihin pyrkiminen sekä resurssien säästötavoite [Liikennevirasto, 2013/1. s. 14]. Kestävien hankintojen vaikuttavuutta voidaan parantaa edelleen esimerkiksi ympäristöstandardeilla,

hiilijalanjälkilaskennalla ja elinkaariarvioinnilla ja elinkaarilaskelmilla. Hankintalaki mahdollistaa elinkaarikustannuslaskennan käytön hankintahinnan perusteena. [Alhola & Kaljonen, 2017, ss. 9-10]. Resurssien säästötavoitteisiin pääsemisen tukena tulisi käyttää ympäristöä säästäviä valintoja julkisia hankintoja tehdessä, sillä on todettu, että se varmistaa resurssien tehokkaan käytön [Euroopan komissio, 2016, s. 5].

Liikennealan markkinat ovat muuttumassa muun muassa palveluistumisen, automatisaation ja ilmastomuutoksen ja siihen varautumisen vuoksi. Elinkaariajattelu voi olla yksi tapa varautua muutokseen. Se rinnalla esimerkiksi digitalisaatio mahdollistaa tiedon uudelleen keräämisen ja hyödyntämisen, ja toisaalta uudet toimintatavat myös edellyttävät tiedon parempaa hallintaa. [Huttunen, 2017. s. 55].

Väyläviraston hallinnassa on noin 15 000 tiesiltaa ja yli 2500 rautatiesiltaa, joista suurin osa on rakennettu 1960-luvulla tai sen jälkeen. Siltojen peruskorjausikä on noin 30-40 vuotta, jolloin Suomen siltojen ikärakenteen vuoksi korjaustarve on kasvanut jyrkästi 1990-luvulta saakka. [Liikennevirasto, 2018. s. 8]. Tiesiltojen jälleenhankinta-arvo on noin 8,5 miljardia euroa, ja nykyarvo noin 3,1 miljardia euroa, eli noin viidennes koko tieverkon arvosta [Liikennevirasto, 2015. s. 31].

Väyläomaisuuden arvo Suomessa on lähes 20 miljardia euroa. Omaisuuden hallinnasta vastaavat tekevät linjaukset ja päätökset, joilla omaisuuden arvo pyritään säilyttämään. [Liikennevirasto, 2015. s. 3]. Korjausvelan kasvun estämiseksi olisi hyvä selvittää, voitaisiinko esimerkiksi infran elinkaarta pidentämällä ja suuremmilla alkuinvestoinneilla osaltaan vähentää ylläpitotarvetta.

Tässä tutkimuksessa keskitytään infra-alan hankintaan ja pyritään nostamaan esiin kestävästä rakentamisesta tuomia hyötyjä hankintojen näkökulmasta ja löytämään keinoja hankinnan kehittämiseen elinkaarta paremmin huomioivaksi. Hankintatoimi kokonaisuudessaan voi pitää sisällään niin ison urakkakaupan kuin lukemattoman määrän pieniä materiaali- tai resurssihankintoja [Vuorela et al. 1998, s. 135]. Tässä työssä keskitytään katsomaan elinkaarinäkökulmaa laajemmasta, hankkeiden hankkimisen perspektiivistä. Tämä tutkimus on osa siltojen elinkaarihankkeiden esiselvityksiä, joiden tarkoituksena on luoda toimintamalli elinkaarinäkökulman huomioimiseen hankintaprosessin tueksi.

1.2 Tutkimusongelma

Tutkimuksessa selvittiin, miten elinkaarinäkökulma on tällä hetkellä huomioitu infra-hankkeiden hankintaketjussa. Elinkaariasioita on vuosien aikana tutkittu paljon, ja elinkaarinäkökulman huomioimisen tärkeys tunnustetaan yleisesti alalla, mutta silti koettiin, että näkökulma ei ole riittävällä tavalla mukana infran hankintaprosessissa.

1.3 Tutkimus, tavoitteet ja rajaus

Tutkimuksen päätavoitteena oli selvittää, miten tilaaja tällä hetkellä ottaa hankkeiden hankinnassa huomioon elinkaarinäkökulman, sekä miten elinkaarinäkökulman huomioiminen näkyy hankinnan ohjeissa ja organisaation toimintatavoissa ja asenteissa sekä ohjeistuksessa.

Tutkimushypoteesina oli, että elinkaarinäkökulma ei vielä näy riittävästi organisaation toimintatavoissa ja ohjeissa. Siksi tutkimuksen tavoitteeksi asetettiin elinkaarinäkökulman huomioimisen edistäminen niin, että se saataisiin konkreettisesti mukaan hankkeiden hankintaan. Työssä haluttiin löytää:

- Elinkaarinäkökulman huomioimisen nykytilanne
- Elinkaarinäkökulman huomioimisen pullonkaulat Väyläviraston hankintamenetelyssä

- Konkreettiset toimenpiteet, joilla toimintaa voidaan kehittää elinkaarinäkökulman huomioimisen parantamiseksi hankinnoissa, sekä
- Elinkaarilaskennan kehittämisen edellytykset.

Tutkimuskysymykseksi asetettiin:

- Miten elinkaarinäkökulma voitaisiin ottaa nykyistä paremmin huomioon infran hankintoja tehdessä?

Tätä pääkysymyksen ongelmanratkaisua tukemaan asetettiin lisäksi alakysymyksiä:

- Missä hankinnan vaiheessa voidaan elinkaarinäkökulman huomioimiseen vaikuttaa parhaiten?
- Mitkä seikat tukevat elinkaarinäkökulman huomioimista?
- Mitkä asiat vaikeuttavat elinkaarinäkökulman huomioimista hankinnoissa?

Tutkimuksen tavoitteiden saavuttamiseksi tehtiin taustaselvitys elinkaarinäkökulmasta infra-alalla. Taustatutkimuksessa haluttiin selvittää, mitä elinkaariajattelu tarkoittaa, miten elinkaarinäkökulma näkyy alalla tällä hetkellä yleisesti, ja millaiset lait, määräykset ja ohjeet tällä hetkellä ohjaavat toimintaa Väyläviraston näkökulmasta, ja miten puolestaan virasto ohjaa asiantuntijoitaan elinkaarinäkökulman huomioimisessa. Lisäksi haluttiin tutkia, mitä alalla tällä hetkellä tapahtuu elinkaarinäkökulman kannalta katsottuna, ja mitä mahdollisia muutoksia aiheesta on vireillä.

Väylävirastossa infrahankkeet jakautuvat tienpidon, radanpidon ja vesiväylänpidon hankkeisiin väylätyypin mukaan. Hankkeet voivat lisäksi olla joko kehittämishankkeita eli uuden infran investointihankkeita, tai kunnossapitohankkeita eli ylläpito- ja kunnostushankkeita, joihin luetaan myös perusparannushankkeet. [Heikinheimo et al. 2017, s. 10]. Infra-ala on laaja ja hankkeet monimuotoisia ja usein uniikkeja. Tässä tutkimuksessa päätettiin rajautua tienpidon hankkeisiin ja niissä kohdentaa näkökulmaa erityisesti siltoihin. Ratkaisuehdotuksessa rajaudutaan sillan koko elinkaaren aikaiseen tarkasteluun, ja tässä vaiheessa keskitytään ensisijaisesti uudishankkeisiin.

1.4 Tutkimusmenetelmä

Työ tehtiin kvalitatiivisella eli laadullisella tutkimusmenetelmällä, jonka tavoitteena on löytää selitys tietyille ilmiölle tai toimintatavalle [Tuomi & Sarajärvi, 2009, s. 85]. Laadullinen tutkimus koostuu kolmesta työssä yhteen sidottavasta osasta; aiempien tutkimusten selvittämisestä, empiirisestä tutkimuksesta sekä tutkijan itse muodostamasta päättelystä. Tutkimuksen pohjaksi pyrittiin löytämään teoreettinen viitekehys, joka kertoo tutkimuksen paikan muiden tutkimusten joukossa. Viitekehukseen kerättiin aiheeseen liittyvä keskeinen tieto, joka kytkeytyy tutkimusongelmaan. Olennainen aineisto koottiin aiheesta käydystä keskustelusta kirjallisuudesta ja muusta kirjoitetusta aineistosta kirjallisuustutkimuksessa. [Saaranen-Kauppinen & Puusniekka, 2009, ss. 6-11].

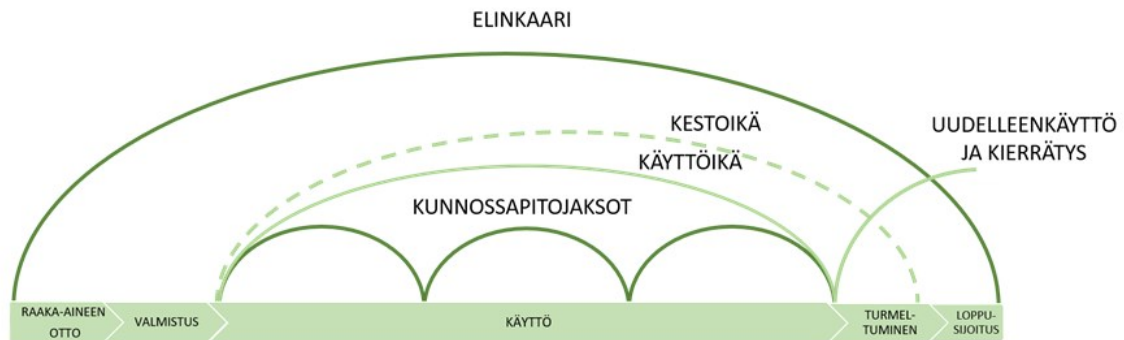
Kirjallisuustutkimus jakautuu tässä työssä kahteen aihealueeseen. Luvussa 2 on kuvattu elinkaarinäkökulmaa infra-alalla ja luvussa 3 tarkastellaan infra-alan hankintaprosessia yleisesti ja Väyläviraston näkökulmasta, sekä elinkaarinäkökulman kytkeytymistä kokonaisuuteen. Tässä työssä on tarkasteltu aiheeseen liittyvää aiempaa tutkimusta kirjallisuusselvityksellä, jossa tutkittiin elinkaarinäkökulman huomioimisen taustalla vaikuttavia asioita: ohjeita, määräyksiä, politiikkaa ja menettelytapoja nykytilanteessa. Empiirisessä tutkimusosassa puolestaan kerätään aiheesta omaa aineistoa. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa aineiston keruu voi tapahtua esimerkiksi haastatteluin, kyselyillä tai havainnoimalla [Tuomi & Sarajärvi, 2009, s. 71]. Tässä tutkimuksessa se toteutettiin haastattelututkimuksella.

2 Elinkaariajattelu infra-alalla

Tässä luvussa kerrotaan, mitä elinkaariajattelu on, miten elinkaarta voidaan arvioida ja miten elinkaariajattelu näkyy tällä hetkellä Väyläviraston toiminnassa.

2.1 Elinkaarinäkökulma

Elinkaarella tarkoitetaan rakenteen tai muun tuotteen vaiheita materiaalien hankinnasta valmistukseen, rakentamiseen ja käyttöön. Elinkaari sisältää kunnossapidon, huollon ja loppusijoituksen. [Korkiala-Tanttu et al. 2006, s. 3]. Seuraavassa kuvassa (Kuva 1) on kuvattu infrarakenteen elinkaaren vaiheet ja elinkaareen liittyvät tärkeimmät käsitteet.



Kuva 1. Infran elinkaari. [Lähde: Korkiala-Tanttu et al. 2005, s. 9].

Rakennetun omaisuuden koko elinkaaren aikaisten vaikutusten arviointi on elinkaariajattelua, jolla pyritään muodostamaan kokonaiskuva rakennetun tuotteen tai omaisuuden vaikutuksista. Lisäksi elinkaariajattelulla halutaan optimoida tuotteen käyttöikää niin, että ongelmat eivät kasaannu, vaan ne tiedostetaan ja hoidetaan ajallaan. Elinkaariajattelussa yhdistyvät taloudelliset, sosiaaliset ja ympäristönäkökulmat. [Kuittinen & le Roux, 2017, ss. 30-32]. Elinkaarinäkökulmat huomioivaa rakentamista kutsutaan kestäväksi rakentamiseksi, jossa rakentamisen ratkaisuja punnitaan elinkaaren ajan kaikkien vastuullisuuden osa-alueiden kannalta. [Rakennusteollisuus, 2018].

Julkisia hankintoja katsotaan ensisijaisesti kustannusten ja ekologisten vaikutusten valossa. Elinkaarenaikaisia kustannuksia voidaan tutkia elinkaarikustannusarviomenetelmällä (LCC, Life Cycle Cost) ja elinkaaren aikaisia ympäristövaikutuksia elinkaariarvioinnilla (LCA, Life Cycle Analysis). [Kuittinen & le Roux, 2017, ss. 30-32]. Näitä analyysimenetelmiä on kuvattu tarkemmin luvussa 2.4.

Investoinnin lisäksi elinkaaritarkastelussa tulisi huomioida myös ylläpidosta ja korjauksista aiheutuvat kustannukset ja ympäristövaikutukset. [Korkiala-Tanttu et al. 2005, s. 14]. Rakennetun infrastruktuurin, kuten teiden ja siltojen, elinkaaren vaiheet ovat suunnittelu, rakentaminen ja käyttö. Näistä kaksi ensin mainittua ovat kestoltaan lyhyitä verrattuna käyttövaiheeseen. Rakentamisen ja käytön aikaiset kustannuksen kehukset luodaan kuitenkin jo suunnitteluvaiheessa; hanke- ja esisuunnittelun sekä rakennussuunnittelun aikana. Infrastruktuurin elinkaaren suurimmat kustannukset muodostuvat rakenteen käyttö-, korjaus- ja ylläpitokustannuksista. [Vuorela et al. 1998, s. 29].

Elinkaaren hallinnan parantamiseksi rakennusalaalla on tehty ja tehdään tutkimusta ja kehitystyötä, sekä luodaan ja kehitetään standardeja ja ohjauskeinoja. Tutkimustyön tavoitteena on arvioida eri ratkaisujen vaikutuksia ja merkitystä kestäväan rakentamiseen sekä kehittää arvioimismenetelmiä ja päätöksenteon työkaluja. Lisäksi tutkimustyöllä pyritään kehittämään entisestään suunnittelun, rakentamisen, ylläpidon ja ohjauksen toimintamalleja.

Kehitystyöllä pyritään luomaan kestävän kehityksen mukaisia liiketoiminta- ja toimintamalleja ja tuotteita. Standardoinnilla ohjataan alan yhtenäisten termien ja menetelmien muodostumista. Ohjauskeinojen kehittämällä halutaan ohjata sekä uudis- että korjausrakentamista sekä ylläpitoa kestävämpään suuntaan. [Koskela et al. 2011. s. 9].

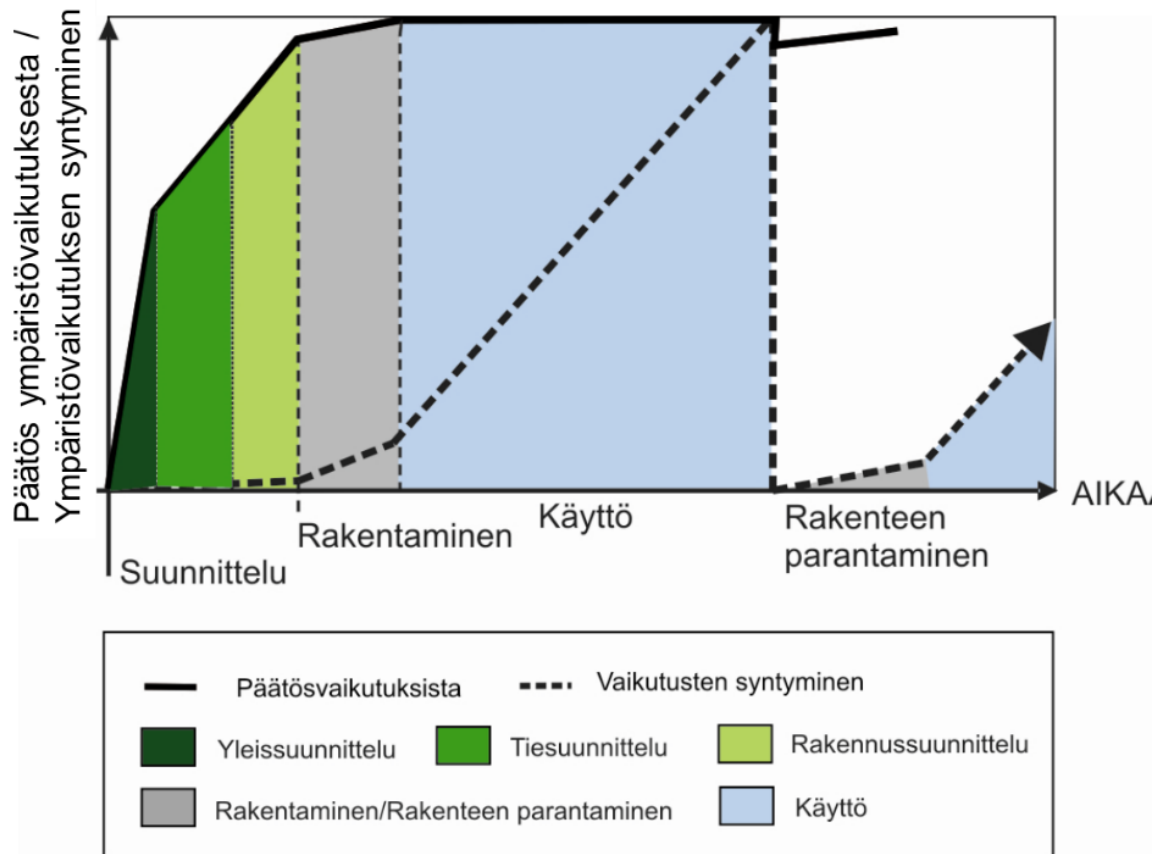
Elinkaarinäkökulman huomioiva ja kestävä rakentaminen vaatii tietoa, tavoitteita, yhteistyötä ja seuranta. Jotta voitaisiin tehdä oikeanlaisia ratkaisuja, tarvitaan tietoa esimerkiksi kustannuksista ja ympäristövaikutuksista. Tietoa pitää myös pystyä käyttämään tehokkaasti kaikissa rakentamisen vaiheissa, lähtien suunnittelusta. Kestävälle rakentamiselle on syytä asettaa tavoitteet, joita voidaan mitata, tutkia ja analysoida. Korkealle asetetut tavoitteet voivat olla haastavia toteuttaa. Tavoitteita tulee seurata jatkuvasti kaikissa prosessin vaiheissa. Eri alojen asiantuntijoiden yhteistyöllä on suuri merkitys tavoitteiden saavuttamisessa, ja tiimityön tulee alkaa jo prosessin alussa, jotta varmistetaan hankkeen kokonaishallinta osaoptimoinnin sijaan. [Koskela et al. 2011, s. 11].

2.2 Ympäristövaikutukset

Väylävirasto vastaa ympäristöpolitiikkansa mukaisesti omalta osaltaan sekä liikenteen, että väylänpidon aiheuttamista ympäristövaikutuksista [Liikennevirasto, 2014. s. 8]. Ympäristövaikutus on yleistermi niille muutoksille, jotka esimerkiksi rakentaminen ja rakenteen käyttö aiheuttavat ympäristöön. Muutoksia aiheuttavat erilaiset ympäristökuormitukset, joita ovat vapautuvat päästöt, maan ja luonnonvarojen käyttö, sekä fyysiset vaikutukset kuten melu ja värinä. [Korkiala-Tanttu et al, 2006, s. 8].

Liikenteen ympäristövaikutukset voivat olla positiivisia, esimerkkinä jalankulun aiheuttama viihtyvyyden ja turvallisuudentunteen lisääntyminen autioihin katuihin verrattuna. Useimmiten termillä kuitenkin viitataan negatiivisiin vaikutuksiin eli ympäristöhaittoihin, jotka ovat ei-toivottuja, terveydelle ja hyvinvoinnille haitallisia vaikutuksia. [Pöllänen et al. 2013. s. 18]. Liikenteen aiheuttamat ympäristövaikutukset voivat olla välillisiä tai välittömiä. Vaikutusalueensa mukaan ne voidaan jakaa yksilötason, paikallisiin, alueellisiin ja globaaleihin ympäristövaikutuksiin. Yksilötason haitat ovat esimerkiksi liikenteen aiheuttamat ilman epäpuhtaudet, jotka aiheuttavat ihmiselle terveyshaittoja. Paikalliset vaikutukset kohdentuvat muutamien sadan neliökilometrin alueelle, esimerkiksi kaupunkiseudun laajuudelle, päästölähteestä. Alueelliset vaikutukset näkyvät esimerkiksi maan tai maanosan alueella. Globaalit vaikutukset ovat laajimmat, ja ne muodostuvat yleensä päästökomponenttien kumuloiduessa pidemmän ajan kuluessa. [Kalenoja & Kallberg, 2006, s. 48].

Seuraavassa kuvassa (Kuva 2) on havainnollistettu ympäristövaikutusten syntymisen suhteellista määrää ja sitä, missä vaiheessa hanketta ympäristövaikutusten syntyyn vaikuttavia päätöksiä tehdään. Kuvasta voidaan nähdä, että ne päätökset, joilla on vaikutusta ympäristövaikutusten syntyyn, tehdään yleensä jo suunnitteluvaiheessa hankkeen alussa. Ympäristövaikutukset puolestaan syntyvät pääosin käytön aikana.



Kuva 2. Ympäristövaikutusten synty hankkeen vaiheissa. [Lähde: Korkiala-Tanttu et al. 2006, s. 7].

2.2.1 Liikenteen ja liikenneinfrastruktuurin aiheuttamat ympäristöhaitat

Liikenteen päästöistä suurin osa muodostuu tieliikenteessä. Liikenteen päästöt vaikuttavat sekä ilmaan, maaperään ja vesistöihin, että ihmisten terveyteen. [Liikennevirasto, 2014. s. 12]. Päästövaikutuksista globaali ja merkittävin on ilmastonmuutos, jota kasvihuonekaasut aiheuttavat ja vahvistavat. Liikenteen osuus Suomen kaikista kasvihuonepäästöistä on yli kolmannes. Tästä lähes 90 % aiheutuu tieliikenteestä. [Huttunen, 2017. s. 54]. Kasvihuonekaasuja vapautuu enimmäkseen fossiilisten polttoaineiden käytössä, ja niitä ovat hiilidioksidi (CO_2), metaani (CH_4) ja typpioksiduuli (N_2O). Muita liikenteen ja työkoneiden aiheuttamia päästöjä ovat typen oksidit, alailmakehän otsoni, sekä pienhiukkaset. Näistä suurin ongelma ovat pienhiukkaspäästöt, jotka aiheuttavat merkittäviä terveyshaittoja ihmisille. [Hänninen et al. 2016. s. 3]. Pienhiukkaslähteitä Suomessa liikenteen pienhiukkas-päästöt aiheutuvat pakokaasuista ja tiepölystä, jota nastarenkaiden käyttö lisää. [Hänninen et al. 2016. s. 17]. Pienhiukkasilla on merkittäviä terveyshaittavaikutuksia ihmisiin, ja ne laskevat eliniänodotetta ja aiheuttavat ennaikaisia kuolemia. [Kupiainen, 2017].

Melualueilla arvioidaan asuvan noin miljoona suomalaista [Liikennejärjestelmä.fi]. Melu on ympäristöön fyysisesti tai psyykkisesti rasittavaa, epämiellyttävää ääntä. Tieliikenteessä melua syntyy voimansiirron, jarrulaitteiden ja renkaiden aiheuttamasta ajoneuvome-lusta sekä tien ja renkaan kosketuksen aiheuttamasta vierintämelusta. Tieliikenteen melun suuruus riippuu monista eri tekijöistä, kuten liikennemäärästä, ajoneuvojen tyypeistä ja koosta, ajonopeudesta ja sen vaihtelusta, tiepäällysteestä, tien geometriasta ja kelistä. [Kale-noja & Kallberg. 2006. ss. 81-83].

Tieliikenteen aiheuttaman tärinän voi aistia maaperän ja rakennusten liikkeenä ja liikkeen aiheuttamana kuulohavaintona, kuten ikkunoiden helinänä. Maanpinnan tärinä muodostuu seismisten aaltojen edetessä maaperässä. Tärinästä aiheutuu haittoja etenkin pehmeillä savimailla. Tieliikenteessä aiheutuvan meluhaitan muodostumiseen vaikuttavatkin erityisesti maaperän ominaisuudet sekä tien pinnan materiaalivalinnat. Sillan ja tien yhtymäkohdassa tierakenteen epäjatkuvuuskohdassa tieliikenne synnyttää ympäröivää rakennetta huomattavasti enemmän tärinää. Tieliikenteen lisäksi väylien rakentamisesta syntyy tärinähaittaa räjäytystöistä, täryjyryksestä ja paalutustöistä, sekä työkoneista. [Kalenoja & Kallberg. 2006. ss. 99-101]. Melu ja tärinä aiheuttavat terveyshaittoja niille altistuville [Pöllänen et al. 2013. s. 22]. Tärinän ja melun aiheuttamat fysiologiset vaikutukset ovat keskenään saman tyyppisiä, ja ilmenevät esimerkiksi uni- ja keskittymisvaikeuksina, verenpaineen nousuna ja sydämen toiminnan kiihtymisenä. Tieliikenne voi periaatteessa aiheuttaa ongelmia myös rakennusten rakenteille, mutta yleensä haitat ovat lähinnä hiushalkeamien kaltaisia kosmeettisia vaurioita. [Kalenoja & Kallberg. 2006. s. 102]. Sekä melun että tärinän syntymistä voidaan ehkäistä maankäytön ja liikenteen suunnittelulla sekä laadukkaalla rakentamisella. Melusteillä, hiljaisilla päällysteillä ja vähempimeluisilla työkoneilla voidaan vähentää meluhaittaa, ja nopeusrajoituksilla voidaan melutasoa alentaa vanhoilla asuinalueilla. Uusien alueiden suunnittelussa melulle herkäät toiminnot ja asunnot sijoitetaan riittäväälle etäisyydelle väylistä. [Liikennevirasto, 2014. ss. 22-23]. Vaikka hiljaisilla päällysteillä voidaan pienentää meluhaitan syntyä, ne eivät kuitenkaan välttämättä ole kovin elinkaarihokkaita ratkaisuja, sillä ne kuluvat kovempia päällysteitä nopeammin. Lisäksi ne saattavat lisätä paikallisesti hiukkaspäästöjä. [Tervahattu et al., 2006. s. 8-17].

Liikenneonnettomuudet ja niiden seuraukset voidaan myös ajatella liikenteen aiheuttamina, negatiivisina ympäristövaikutuksina. Globaalisti, ja myös Suomessa, tieliikenne on merkittävin liikenteen turvallisuusongelma. [Pöllänen et al. 2013. s. 18]. Vaikka liikenneturvallisuus onkin parantunut viime vuosikymmeninä huomattavasti, Suomessa tieliikenteessä kuolee edelleen yli 200 ja loukkaantuu yli 5000 ihmistä vuosittain [Liikennejärjestelmä.fi, 2018].

Liikenteen ympäristöhaittojen lisäksi liikenneväylien rakentaminen, käyttö ja kunnossapito aiheuttavat ympäristövaikutuksia ja -haittoja. Vaikka luonnonvarojen käyttöä on rakentamisen yhteydessä pyritty vähentämään käyttämällä tiealueelta saatavia materiaaleja ja kierrätys- ja uusiomateriaaleja, tarvitaan rakentamiseen silti huomattavia määriä neitseellisiä maa-aineksia, kuten hiekkaa, soraa ja murskeita, sekä lisäksi betonia, bitumia ja terästä. [Kalenoja & Kallberg. 2006. s. 114]. Väylien rakentaminen ja käyttö aiheuttavat muutoksia myös luonnonympäristölle. Väylät ja kuivatusjärjestelyt alentavat pohjavettä, syrjäyttävät alkuperäisen kasvillisuuden, ja vaikuttavat eläinten elinalueisiin ja ekosysteemiin. Väylät, niin liikenne kuin itse infrastruktuuri, muodostavat estevaikutuksen niin ihmisille kuin eläimille. Estevaikutus ilmenee matkan pitenemisenä ja kiertomatkan aiheuttamana rasituksena ja epämukavuutena. Se saattaa myös aiheuttaa turvattomuuden tunnetta. Estevaikutusta tulisi miettiä jo maankäytön suunnitteluvaiheessa. Liikenneinfrastruktuuri muuttaa kulttuurimaisemaa ja kaupunkikuvaa, ja sillä on vaikutusta yhdyskuntarakenteen muutoksiin. [Kalenoja & Kallberg. 2006. ss. 119-121]. Rakentamisen aikaiset tai ylläpidon aiheuttamat liikennehaitat, kuten liikenteen nopeusrajoitukset ja tilapäinen valo-ohjaus, aiheuttavat pysähdyksiä ja nopeuden vaihtelua liikennevirrassa. Ajoneuvojen kulutus kasvaa etenkin kiihdytyksissä, ja samalla kasvavat myös päästöt, sillä esimerkiksi CO₂-päästöt riippuvat suoraan polttoaineen kulutuksesta. [Kallberg et al. 2014. ss. 27-28].

Liikenneväylien kunnossapidossa pöly aiheuttaa eniten ympäristöhaittoja. Liukkaudentorjuntaan käytettävä hiekka jauhautuu liikenteen vaikutuksesta pölyksi, ja erityisesti kaupunkialueilla tästä aiheutuu hengitysilmaa heikentäviä partikkelipäästöjä. Tiesuolaus

puolestaan aiheuttaa kloridi-ionien vapautumista maaperän kautta pohjavesiin ja pohjavesien suolapitoisuuden nousua. Juomavedessä kohonnut natrium- ja kaliumsuolapitoisuus aiheuttaa terveystarve etenkin lapsille ja esimerkiksi verenpainetauti sairastaville. Suolaantuneiden pohjavesien palautuminen normaaliksi kestää pitkään - vuosikymmeniä. Lisäksi maanteiden liukkaudentorjuntaan käytettävä natriumkloridi syövyttää siltojen betoni- ja teräsrakenteita. Suolaisuus vaurioittaa myös kasvistoa, erityisesti havupuita. Haitat näkyvät kasveissa noin 20 metrin levyisellä vyöhykkeellä suolatusta tiealueesta. [Kalenaja & Kallberg. 2006. ss. 115-116].

2.2.2 Väyläviraston ympäristöjärjestelmä

Väyläviraston ympäristöpolitiikka ja ympäristöpäämäärät luodaan viraston strategiasa. Viraston ympäristöjärjestelmä mukailee ISO 14 001 -standardia. [Liikennevirasto, 2017. s. 27]. Ympäristöjärjestelmä pitää sisällään politiikan lisäksi toiminnan suunnittelun, toteutuksen, mittauksen ja arvioinnin sekä ympäristötoiminnan kehittämisen. Väyläviraston ympäristöjärjestelmä on kuvattu seuraavassa kuvassa (Kuva 3). Ympäristötoiminnan tavoitteena on vähentää väylänpidon ja liikenteen aiheuttamia haitallisia ympäristövaikutuksia.



Kuva 3. Väyläviraston ympäristötoiminnan periaatteet [Liikennevirasto, 2014, s. 10]

Väyläviraston ympäristöpolitiikan keskiössä on kestävä liikennejärjestelmä. Kestävällä liikennejärjestelmällä halutaan taata toimintavarma ja ekologisesti tehokas liikennejärjestelmä. Pääpaino toiminnassa on nykyisellä väyläverkolla. Alue- ja yhdyskuntarakenteiden muodostumisessa pyritään ottamaan huomioon väylänpidon ja liikenteen haitallisten ympäristövaikutusten syntymisen vähentäminen sekä liikenneturvallisuus. Virasto pystyy myös toiminnallaan vaikuttamaan liikkumistarpeiden syntymiseen ja kysyntään. Virastolla on julkisena toimijana lakisääteinen vastuu ympäristöstä, mutta ympäristövastuuta tuodaan myös muilla keinoin esiin, esimerkiksi edellyttämällä ympäristötoimintalinjoihin sitoutumista

myös yhteistyökumppaneilta. Virasto pyrkii toimillaan parantamaan ympäristön tilaa yhteistyössä asiakkaidensa, muiden viranomaisten sekä asukkaiden kanssa. [Liikennevirasto, 2014, ss. 8-9].

Tärkein Väyläviraston ympäristötyön painopiste on ilmastonmuutoksen hillintä ja muutokseen sopeutuminen. Lisäksi ympäristötyössä keskitytään suojelemaan pohjavesiä ja maaperää sekä vähentämään liikenteen aiheuttamia meluhaittoja sekä tärinää. Myös Itämeren suojelu on tärkeä osa ympäristötyötä, sekä ilman laatu. Kaikkiin näihin painopisteisiin on määritelty erikseen koko hallinnonalaa koskeva tavoite ja lisäksi Väyläviraston oma tavoite sekä keinot, joilla tavoitteisiin voidaan vastata yhdessä yhteistyökumppaneiden kanssa.

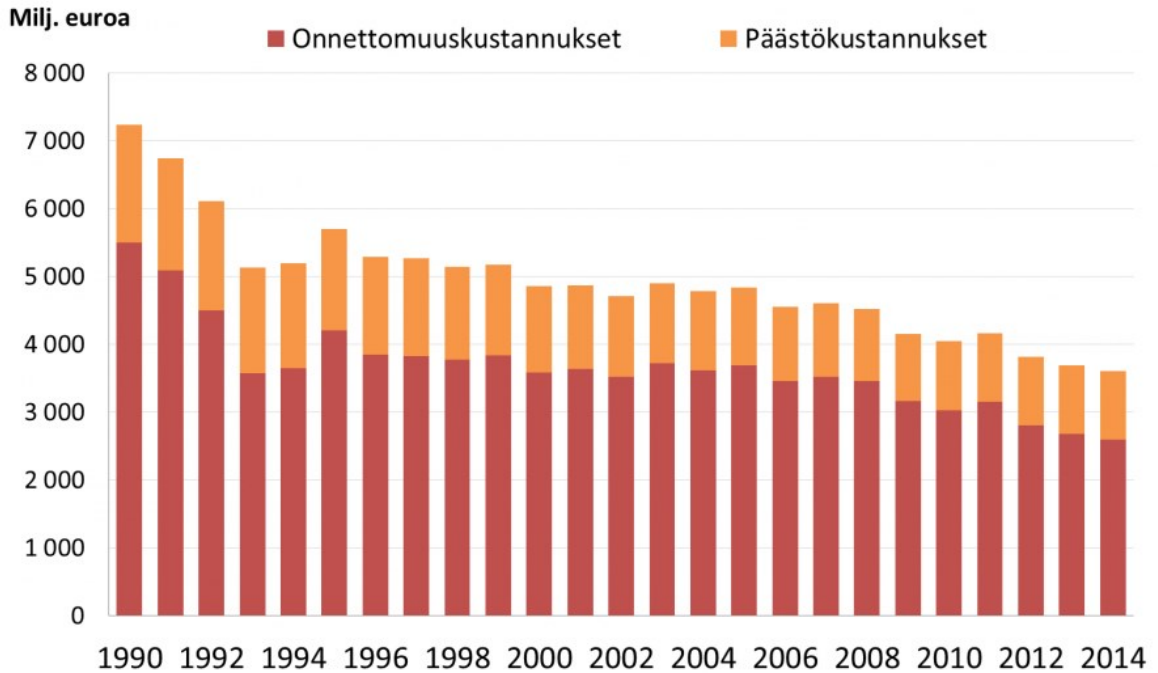
Negatiivisia ympäristövaikutuksia pyritään pienentämään ja estämään erilaisin toimin. Väylänpidossa ja uusien väylien rakentamisessa otetaan ympäristövaikutukset aina huomioon. Esimerkiksi energiankäytössä pyritään tehokkuuteen ja säästöön ja lisäksi suositetaan uusiutuvia energialähteitä. Vettä pyritään säästämään. Kierrätys on tärkeää, ja kierrätysmateriaaleja halutaan hyödyntää mahdollisuuksien mukaan. Haitallisten aineiden käyttöä vähennetään. Ympäristönäkökulmat huomioidaan myös suunnittelussa, sillä suunnitteluvaiheessa voidaan vaikuttaa esimerkiksi siihen, millaisia päästömääriä rakentamisessa ja käytön aikana syntyy. Tärkeää on myös ympäristövaikutusten mittaaminen ja seuranta. Ympäristötoimintalinjan toteutumista seurataan erilaisilla mittareilla, ja tuloksia käsitellään virastossa vuosittain muun muassa johdon katselmuksissa, tuloskeskusteluissa ja Väyläviraston ympäristöpäivillä. Ympäristötoiminnalla on taloudellisia vaikutuksia. Ympäristötoimet vaativat rahallista sitoutumista, mutta myös tuovat kustannussäästöjä, mikäli ympäristötavoitteet saavutetaan. [Liikennevirasto, 2014, ss. 6-35].

2.2.3 Ympäristöhaittojen arvottaminen

Liikennepoliittisten toimien suunnittelussa on ajoittain tarpeellista voida arvottaa eirahamääräisiä ilmiöitä, kuten ympäristöhaittoja. Arvotettuina ympäristöhaitat voidaan rinnastaa markkinahintaisiin tuottoihin ja kustannuksiin, ja käyttää esimerkiksi investointilaskelmissa tai liikenteen hinnoittelun perusteena. Myös esimerkiksi liikenneonnettomuuksia ja onnettomuusriskejä arvotetaan. Erilaiset haitat pyritään arvottamalla yhteismitallistamaan. Arvottamisen jälkeen käytössä olevat resurssit voidaan pyrkiä käyttämään mahdollisimman tehokkaasti haittojen vähentämiseen. Jos tavoitteena on esimerkiksi tuottaa mahdollisimman tehokas ja turvallinen liikenneväylä, voidaan laskea kaikki haluttujen tavoitteiden arvot ja niihin käytettävissä olevat resurssit investointilaskelmaan. Julkisen hankkijan tehtävä on vertailla eri vaihtoehdot, ja pohtia makuhalukkuus eri haittojen vähentämiseen.

Haittojen arvottamisessa haitoille määritetään yksiköt. Useimmiten arvotus on lineaarinen, eli hättavaikutus on haitan määrän suhteen verrannollinen. Meluhaittaa ei kuitenkaan voida arvottaa lineaarisesti, vaan melun yhteydessä haitan arvo määritellään verrannollisena niiden henkilöiden lukumäärälle, jotka altistuvat kriittisen melun voimakkuudelle (55 dBA). [Kalenoga & Kallberg. 2006. s. 123].

Liikenteen yhteiskunnalle aiheuttamat, vuosittaiset haittakustannukset ovat noin 3 Mrd. € (vuonna 2012), josta nykyisten laskentamenetelmien mukaan suurin osa, 95 %, aiheutuu tieliikenteen onnettomuuksista ja päästöistä. Seuraavassa kuvassa (Kuva 4) on esitetty liikenteen arvotettuja, yhteiskunnalle aiheutuvia haittakustannuksia onnettomuuksien ja päästöjen osalta. Haittakustannusten tendenssi on ollut aleneva liikenneonnettomuuksien ja polttoaineen pakokaasupäästöjen määrän vähentyessä. Pakokaasupäästöjä ovat vähentäneet moottorien ja polttoaineiden kehitys. [Liikennejärjestelmä.fi, 2018].

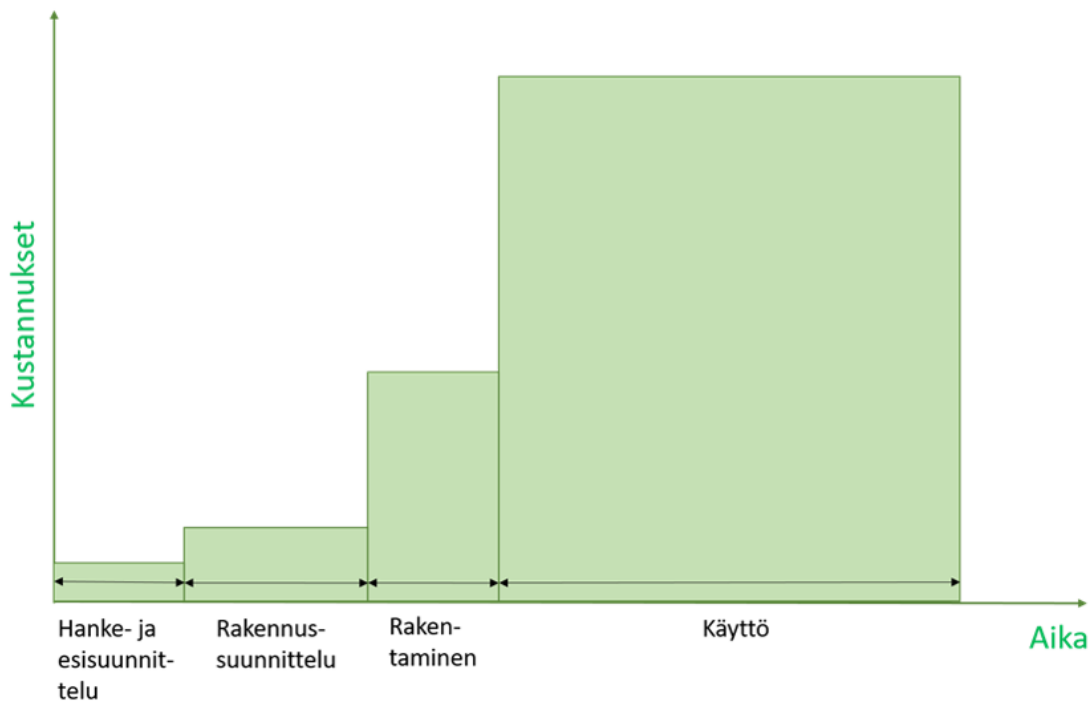


Kuva 4. Liikenteen häittekustannukset päästöjen ja onnettomuuksien osalta vuoden 2013 hintatasoon suhteutettuna. [Lähde: Liikennejärjestelmä.fi -portaali, 12.9.2018].

2.3 Elinkaarikustannukset

Tässä työssä elinkaarikustannuksilla tarkoitetaan infrarakenteiden koko elinkaaren aikana suunnittelussa, rakentamisessa, käytössä, hoidossa ja kunnossapidossa aiheutuvia kustannuksia [Kähkönen & Nyby, 2009, s. 14].

Infrastruktuurin, kuten teiden ja siltojen, elinkaari on yleensä pitkä. Esimerkiksi siltojen suunniteltava käyttöikä on 100 vuotta [Liikennevirasto, 2015, s. 49]. Elinkaaren aikaiset kokonaiskustannukset muodostuvat vähitellen, ja suurin osa niistä kertyy pitkän käytön aikana ylläpito- ja korjauskustannuksina. Kustannusten muodostuminen infrastruktuurin elinkaaren aikana ja eri vaiheisiin kuluva suhteellinen aika on esitetty alla olevassa kuvassa (Kuva 5).



Kuva 5. Kustannusten muodostuminen ja käytetty aika infran elinkaareissa. [Lähde mukaillen Vuorela et al. s. 29].

Elinkaarinäkökulma tulisi aina ottaa mukaan jo suunnitteluvaiheessa. Esimerkiksi Helsingin kaupunki on tehnyt selvityksen Kansalaistorin ja Kaisaniemenpuiston välille rakennettavan pyöräily- ja jalankulkuyhteyden rakentamisen kustannuksista. Alueella yhteys tulee rakentaa rata-alueen lävitse, jolloin on selvitetty, olisiko järkevämpää tehdä yli- vai alikulku kevyelle liikenteelle. Selvityksen mukaan investointikustannuksiltaan selkeästi siltavaihtoehtoa (11 Milj. €) kalliimpi alikäytävävaihtoehto (23 Milj. €) on kuitenkin ylläpitokustannuksiltaan selvästi edullisempi vuositasolla. Alikäytävän ylläpitokulut ovat arviolta 15 000 €/vuosi ja siltavaihtoehdossa kattavalla sulanapitojärjestelmällä jopa 130 000 €/vuosi. Pelkän investointikustannuksen sijaan päätöksenteossa tulisikin tutkia kattavasti myös muut näkökulmat, mukaan lukien ylläpitokustannukset, mutta myös kaupunkikuvalliset ja maisemalliset vaikutukset. [Tuominen et al. 2018].

Esimerkiksi sillan rakennuskustannukset nousevat, jos sen jäykkyyttä ja massaa lisätään, mutta samalla voidaan pienentää rakennetta väsyttäviä jännityssyklejä ja siten kulumista aiheuttavia muodonmuutoksia ja tärinää, jolloin sen kestävyys paranee. Toisaalta esimerkiksi huonosti suunnitellut sillan yksityiskohdat saattavat lisätä hoidon ja ylläpidon tarvetta, ja siten lisätä elinkaaren aikaisia kustannuksia. Siksi elinkaarinäkökulmaa pitäisi pysyttyä ajattelemaan jo suunnitteluvaiheessa. [Korhonen, 2009. s. 13].

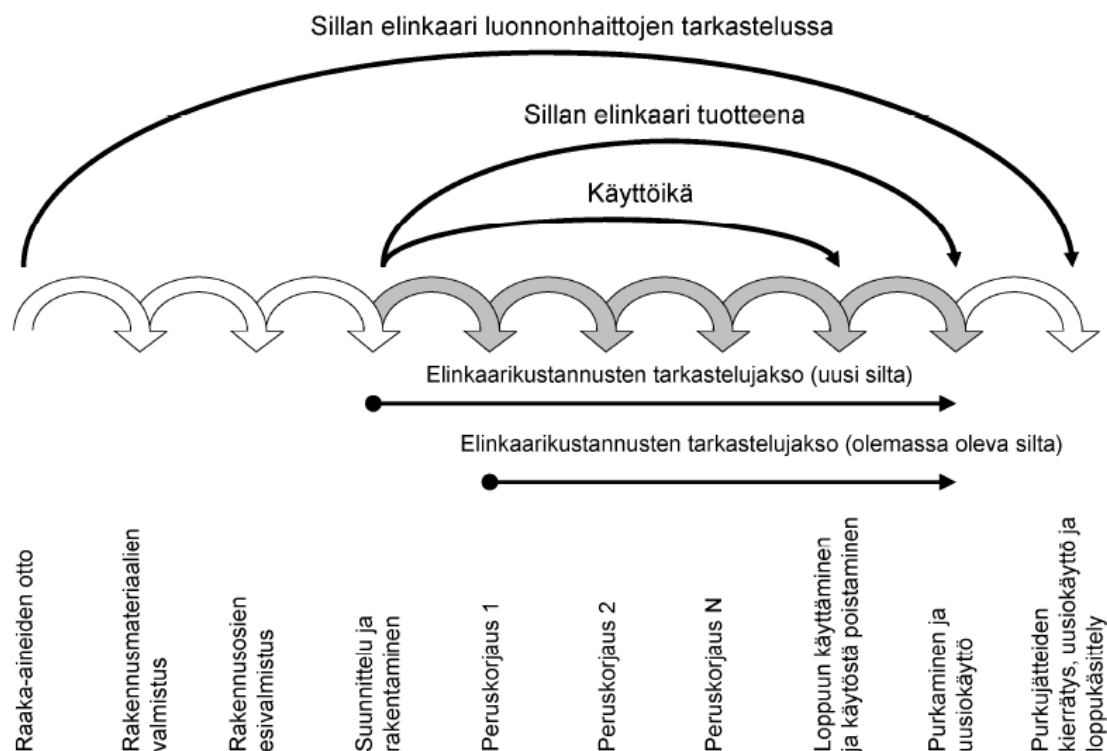
Rakennusosalalla on yleisesti alettu ajattelemaan elinkaarinäkökulman huomioivaa rakentamista oikeana menettelytapana. Esimerkiksi Rakennusteollisuus Ry, joka on merkittävä suomalaisen rakennusalan keskusliitto ja edunvalvoja, on linjannut, että rakentamista tulee aina arvioida kestävyysnäkökulmasta tuotteen, kuten sillan, koko elinkaaren ajalta. Liitto myös kehottaa käyttämään hankintamallien valintaperusteena kokonaistaloudellisuutta ja koko elinkaaren aikaista edullisuutta, sekä keskittymään hallitsemaan kokonaisuutta ja muodostamaan elinkaarivastuuta osaoptimoinnin sijaan. [Rakennusteollisuus, 2018].

Siltojen osalta elinkaarinäkökulma on pääsääntöisesti ollut aina mukana suunnittelussa. Käytännössä nykyäänkin siltojen suunnittelussa pyritään kestäviin ratkaisuihin raken-

tamisessa ja korjauksessa, mikä edesauttaa myös hoidon ja ylläpidon kustannusten minimointia. Vaikeampaa on kuitenkin ulottaa kustannustarkastelut koskemaan myös siltojen käyttäjille ja yhteiskunnalle aiheutuvia kustannuksia, kuten liikennehaittoja, ympäristövaikutuksia ja turvallisuusriskejä.

Väyläviraston omistuksessa olevat sillat tarkastetaan säännöllisesti, ja niiden kunto-tieto tallennetaan Taitorakennerekisteriin (aiemmin Siltarekisteri), jonka avulla yksittäisten siltojen kunnan kehittymistä voidaan ennustaa. Tietojen perusteella voidaan tehdä korjauksen aikataulutusta ja priorisointia sekä budjetointia. Tämän siltojenhallintajärjestelmän ja tiedonkeruun avulla voitaisiin saada palautetta siltojen suunnittelun elinkaaritaloudellisuudesta, ja siitä, millaisia suunnitelmaratkaisuja tai työmenetelmiä kannattaisi käyttää uusien siltojen rakentamisessa tai vanhan sillan korjaamisessa. Elinkaarinäkökulman huomioimiseen tarvittaisiin kuitenkin luotettavaa elinkaarikustannusten laskentamenetelmää, jotta voitaisiin tehdä elinkaarikustannusarvioita, joita voitaisiin verrata ja mahdollisesti hyödyntää myös hankinnoissa. [Korhonen et al. 2009. s. 3]. Elinkaarikustannusarvioiden avulla siltojen elinkaarikustannuksia ja ympäristövaikutuksia voitaisiin hallita paremmin. Elinkaarikustannusarvio pitäisi laatia sillan suunnitteluvaiheessa, ja siitä pitäisi selvittää, miten yksittäinen suunnitteluratkaisu vaikuttaa kustannuksiin. Suunnitteluratkaisulla, toimenpiteellä tai rakennusmateriaalilla voi olla esimerkiksi kasvattava vaikutus investointikustannuksiin, mutta samalla se voi pienentää matka-aikojen viivästyksiä ja niistä aiheutuvia kustannuksia. Elinkaarikustannusarvioita voisi käyttää tilaaja hankinnan tukena ja budjetoinnissa, ja suunnittelija suunnitelmaratkaisujen vertailussa. [Liikennevirasto, 2010. s. 18].

Siltojen elinkaarta on tutkittu Suomessa ja esimerkiksi Pohjoismaissa pitkään, ja siltojen elinkaari on suhteellisen hyvin tunnettu. Tyypillisesti sillalle tehdään sen käyttöiän aikana useita toimenpiteitä, joilla siltaa ylläpidetään ja parannetaan sen kesto. Pienemmät korjaukset ovat ylläpitokorjauksia, ja suuremmat peruskorjauksia. Korjaukset ovat merkittävä kuluerä sillan elinkaaren kokonaiskustannuksista. Esimerkiksi peruskorjauksen hinta voi olla jopa 60 % investointikustannuksista. Sillan korjaus perustuu tutkimuksiin, joita Väylävirasto tekee hallinnassaan oleville silloille säännöllisesti. Keskimäärin sillalle tehdään 100 vuoden elinkaaren aikana kolme ylläpitokorjausta (esimerkiksi vuosina 15, 45 ja 75 rakentamisesta laskien) ja kaksi raskaampaa peruskorjausta (vuosina 30 ja 60). Silta on 90 vuoden jälkeen tehostetussa tarkkailussa ja käytetään loppuun, kunnes puretaan 100 vuoden iässä. Elinkaareen ja korjaustarpeeseen vaikuttavia asioita ovat muun muassa olosuhteet sillalla ja siltapaikalla, liikennemäärä ja talvihoidon aiheuttama suolarasitus. Sillan elinkaaren kaaviokuva on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 6).



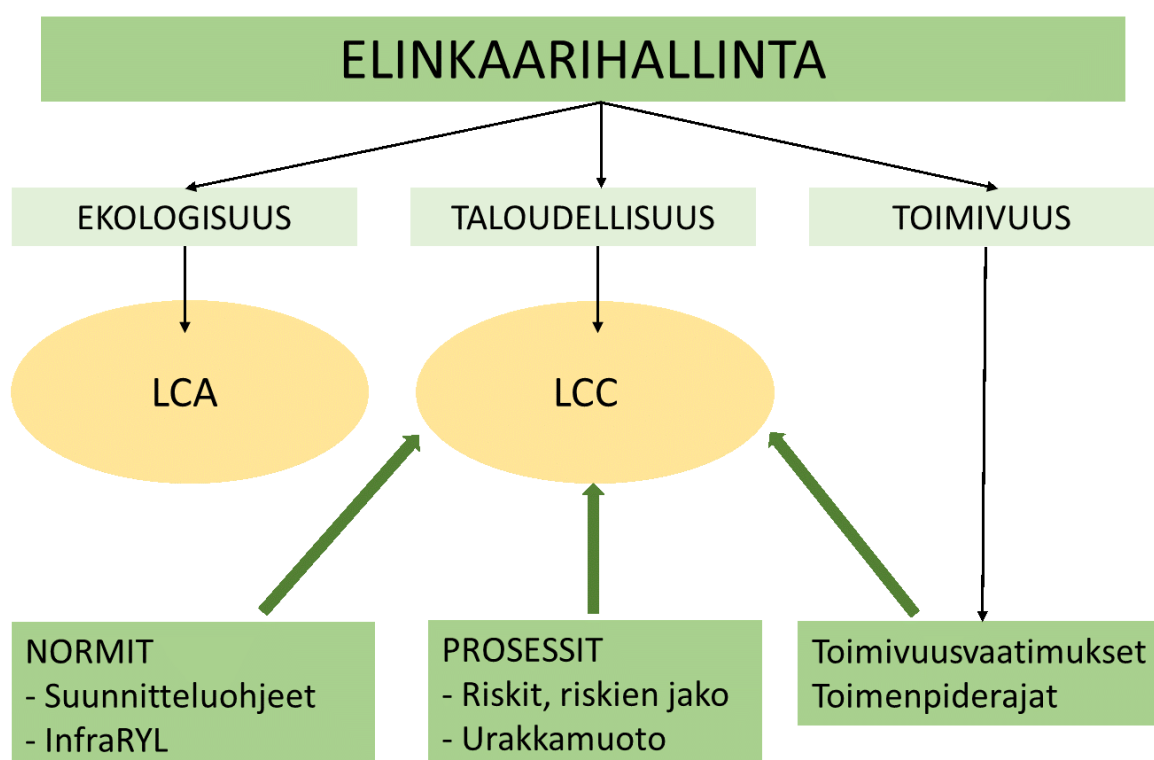
Kuva 6. Sillan elinkaaren vaiheet ja elinkaarikustannusten laskennan tarkastelujaksot uudelle ja korjattavalle sillalle [Liikennevirasto, 2010. s. 7].

Sillan elinkaaren aikaiset korjaustoimenpiteet ja hoitotoimet otetaan mukaan sillan elinkaarilaskentaan. Elinkaarikustannukset muodostuvat siis rakentamisen investointikustannuksesta, hoidosta (kuten puhtaanapito ja vuositarkastukset) ja käytöstä (sillan avauskulut, pumppaamot) sekä ylläpidosta (yleis- ja erityistarkastukset ja vauriokorjaukset). Jotta sillan rakentamisen kustannukset voidaan laskea, tulee saatavilla olla sillan määräluettelo ainakin alustavalla tasolla, jonka pohjalta voidaan laskea kustannusarvio. Elinkaaren lopussa silta oletetaan purettavaksi, eikä sille lasketa jäännösarvoa. Nämä kustannukset ovat tienpitäjälle aiheutuvia suoria kustannuksia. Lisäksi tienpitäjälle aiheutuu myös epäsuoria kustannuksia riskien muodossa. Tällaisia ovat esimerkiksi sillan toiminnan rajoitteet, kuten liian pieni leveys tai kantavuus tulevaisuudessa. Riskikustannuksia kohdistuu myös käyttäjille ja yhteiskunnalle. Ajokustannukset ovat matka-ajan viivästyksiä ja ne ovat käyttäjille aiheutuvia epäsuoria kustannuksia. Viivästys aiheutuu hoidon ja ylläpidon aikaisista kaistojen sulkemisista, nopeusrajoituksista ja pysähdyksistä. Käyttäjille aiheutuvat riskit ovat matka-aikaviivästymien pidentymisestä johtuvia, eli kustannusten kasvua. Ympäristökustannukset ovat yhteiskunnan epäsuoria kustannuksia. Yhteiskunnan riskit muodostuvat esimerkiksi liikenne- ja ympäristöonnettomuuden mahdollisuuksista. Riskit, matka-aikojen viivästykset sekä ympäristölle aiheutuneet haitat voidaan arvottaa rahallisesti. [Liikennevirasto, 2010. ss. 1-19].

Laskentamenetelmiä on pyritty kehittämään erilaisissa tutkimushankkeissa jo lähes kymmenen vuotta sitten, esimerkiksi Kehto-kuntien kehityshankkeessa [Savolainen, 2011]. Laskentamenetelmät eivät ole kuitenkaan yleistyneet käytössä, luultavasti niiden työläämän käytön vuoksi. Kehitetyt elinkaaritalouslaskimet ovat olleet Excel-muodossa, jolloin tietojen syöttäminen taulukoihin ja tietoaineiston päivittäminen ajantasaiseksi on koettu liian työlääksi ja aikaa vieväksi, eikä niiden käyttö täten ole vakiintunut.

2.4 Elinkaarivaikutusten selvitykseen käytettävät työkalut, elinkaaritarkastelut

Infrarakentamisen elinkaaritarkasteluissa suunnittelua, rakentamista ja käyttöä tarkastellaan kolmelta suunnalta. Kaikkien vaiheiden tulee täyttää asetetut vaatimukset (toimivuus), elinkaaren aikaiset kustannukset tulee minimoida (taloudellisuus) ja ympäristövaikutusten tulee olla mahdollisimman pienet (ekologisuus). Näiden kolmen osatekijän kokonaisuuden ohjaamista kutsutaan elinkaaren hallinnaksi. Rakenteiden toimivuutta arvioidaan toimivuusvaatimusten avulla. Taloudellisuuden arviointiin käytetään LCC-työkalua, eli elinkaarikustannusten laskentaa. Ekologisuuden arviointia voidaan tehdä elinkaariarvioinnin, LCA, avulla. Elinkaarilaskenta ja elinkaariarviointi yhdessä muodostavat elinkaaritarkastelut, joiden avulla saadaan tietoa sekä rahassa laskettavista vaikutuksista, että vaikutuksista, joiden arvoa ei voida mitata kustannuksina. Alla olevassa kuvassa on esitetty elinkaaren hallinnan osatekijöitä (Kuva 7).



Kuva 7. Infrarakenteen elinkaaren hallinta ja sen osatekijät. [Lähde mukailleen: Kähkönen & Nyby, 2009. s. 11].

Elinkaarikustannuslaskentaa (englanniksi Life Cycle Costing, LCC) käytetään investointikustannusten ja tuotteen tai palvelun elinkaaren aikaisten kustannusvaikutusten laskeamiseen. Kustannuksia syntyy elinkaaren eri vaiheissa, ja elinkaarikustannuslaskennassa kustannukset nykyarvoistetaan diskonttokorkoa käyttämällä vastaamaan ostohetken hintatasoa. [Pursimo, 2015. s. 2]. Elinkaaren aikana tulevaisuudessa syntyvien kustannusten vaikutuksen suuruus riippuu siitä, kuinka pitkä on tarkastelujakso, ja millaista korkokantaa laskennassa käytetään. [Kähkönen & Nyby, 2009. s. 14].

LCA (Life Cycle Analysis) eli elinkaariarviointi on rakennetun tuotteen elinkaari pohjainen ympäristöarviointimenetelmästandardi, jolla pyritään selvittämään ja käsittelemään tuotteiden elinkaarensa aikana aiheuttamia ympäristövaikutuksia. [SFS, 2006].

Ympäristövaikutuksia arvioidaan Suomessa myös YVA-menettelyllä, jolla pyritään arvioimaan hankkeen haitallisia ympäristövaikutuksia suunnitteluvaiheessa, ennen kuin hanke etenee päätöksentekovaiheeseen. Ympäristövaikutusten arviointimenettely (YVA) tehdään kaikille YVA-laissa ja -asetuksessa määritellyn kaltaisille, yleensä suurille hankkeille, mutta se voidaan tehdä myös pienemmille hankkeille, mikäli niiden uskotaan aiheuttavan merkittäviä haittoja ympäristölle. YVA:n tekemisestä huolehtii suunnittelun tilaava taho. [Ympäristö.fi, 2018]. Arvioinnin selostus on julkinen dokumentti, johon asianosaisilla, kuten viranomaisilla ja kansalaisilla on oikeus esittää lausuntoja ja kannanottoja ja vaikuttaa vaihtoehtoihin [Väylä, 2019].

Rakentamisen ympäristövaikutuksista hiilidioksidipäästöille käytetään termiä hiilijalanjälki, joka kuvaa rakennusmateriaalin tai rakenteen elinkaaren aikana syntyvää hiilidioksidia- ja hiilidioksidiekvivalenttipäästömäärää. Rakennusmateriaalien osalta hiilijalanjäljestä on saatavilla vaihtelevan laatuista tietoa, ja päästötietojen käyttö vaatii laskentatyökaluja ja myös osaamista. CO₂-päästöjen käsittelyn uskotaan yksinkertaistuvan ja päästölaskennan käytön laajentuvan tietomallien käytön yleistyessä. [Bionova, 2017, s. 2].

Suomessa rakentamiseen käytettävillä merkittävimmillä materiaaleille ja tuotteille on yleensä laadittu ympäristöseloste, joka kertoo tuotteen valmistuksessa muodostuneet ympäristövaikutukset siihenastisesta elinkaaresta. Ympäristöselosteita voidaan tehdä myös esimerkiksi rakenneratkaisuille tai infrarakenteille. Ympäristöselosteiden avulla voidaan vertailla samaan tarkoitukseen käytettävien ratkaisujen ympäristövaikutuksia. [Koskela, 2011, s. 14].

Talonrakennus- ja kiinteistöalalla on jo pidempään ollut käytössä ympäristötehokkuuden standardit, joilla voidaan mitata, todentaa ja vertailla rakennusten ympäristöystävällisyyttä. Sertifikaateilla pyritään vähentämään esimerkiksi kasvihuonepäästöjä ja energiankulutusta. Sertifiointiprosessi toimii suunnittelun ja rakentamisen tukena. Suomessa käytössä olevia sertifiointijärjestelmiä ovat esimerkiksi Euroopan johtava ympäristöluokitusjärjestelmä BREEAM sekä Yhdysvalloissa kehitetty ja ylläpidetty LEED. [GBCF, 2019]. Infrarakentamisen puolella vastaavia sertifikaatteja ei Suomessa ole vielä laajasti käytetty. Esimerkiksi Väylävirasto on ympäristöohjelmassaan nostanut esiin Ceequal- ja BREEAM Infra-sertifikaatit, mutta niiden käyttö on vasta tutkinta- ja testausvaiheessa. Sen sijaan Väylävirasto kyllä käyttää ympäristöjärjestelmänsä pohjalla ISO 14 001 -ympäristöjärjestelmästandardia, jonka avulla organisaatio voi parantaa ympäristönsuojelun tasoa ja osoittaa hoitavansa ympäristöasiansa hyvin. [Liikennevirasto, 2017, s. 27 & SFS, 2019].

2.5 Elinkaarinäkökulma muualla maailmalla

Euroopassa on kehitetty useita LCC-työkaluja, joilla voidaan laskea erilaisten laitteiden elinkaarikustannuksia, esimerkiksi IT-laitteiden, ajoneuvojen tai valaistuksen hankinnan apuna. Niillä voidaan laskea useimmiten elinkaarikustannukset ja hiilidioksidipäästöt esimerkiksi ajoneuvoille. Laskimet toimivat joko Excelissä tai selaimessa. Tällaisia ovat esimerkiksi Ruotsin Miljöstyrningrådetin (MSR) LCC-laskuri, Clean Vehicle portal LTC-laskuri sekä Clean Fleets LCC-laskuri. Infran elinkaaren kustannusten tai muiden vaikutusten laskemiseen tarkoitettua laajempaa kokonaisuutta koskevaa laskuria ei sen sijaan löydy montaa. ETSI Bridge Life Cycle -projektissa Pohjoismaisessa yhteistyössä on kehitetty siltojen arvioimiseen LCC- ja LCA- työkalut, joita on käytetty esimerkiksi Rotebrossa sillan laskentaan. ETSI-laskimella määritellään erikseen LCC ja LCA, ja lisäksi voidaan laskea esteettinen LCA, joka silloissa on perusteltua. Laskenta tehdään Excelillä. Laskureita käytetään eri tarkoituksiin. Esimerkiksi Espanjassa Barcelonassa on käytetty laskuria vuonna 2008 sähköautojen latauspisteiden hankinnan apuna. Tämä laskuri on EU-tasoinen SMART-SPP -projektissa toteutettu LCC-CO₂-laskuri. Sen sanotaan sopivan teoriassa kaikenlaisten

hankintojen elinkaarikustannusten laskentaan. Laskin toimii Excel-muodossa. Laskelmassa otetaan huomioon ostokustannukset, käyttökustannukset, ylläpitokustannukset. Vuotuiset tulot ja menot (esimerkiksi verot ja tuet) sekä loppuarvo tai jäännöskustannus. Laskurissa otetaan huomioon diskonttokorko, ja sillä voidaan määrittää myös hiilidioksidipäästöille vertailuluku, joilla eri vaihtoehtojen päästöjä verrataan. Vaihtoehtoisesti päästön hinnan voi myös määrittää, jolloin hiilidioksidipäästöt sisällytetään rahallistettuna elinkaarikustannuksiin. Käyttäjän tulee itse määrittää kaikki syöttämänsä kustannukset jollain muulla tavoin ennen laskentaa. [Pursimo, 2015. ss. 5-11].

3 Hanke- ja hankintaprosessit Väylävirastossa

Hankinnalla tarkoitetaan organisaation ulkopuolisten resurssien hallintaa. Hankintaprosessilla puolestaan tarkoitetaan hankinnan kaikkia vaiheita suunnittelusta ja valmistelusta hankinnan kilpailutukseen ja toimittajan toteutuksenaikaiseen ohjaamiseen. [Liikennevirasto, 2013/2. s. 6]. Tässä luvussa on kuvattu hankintojen tekemiseen vaikuttavia asioita sekä Väyläviraston hanke- ja hankintaprosesseja.

3.1 Mikä ohjaa hankkeitten hankkimista ja hankintoja?

Väylävirasto kuuluu Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalaan yhdessä Liikenteen turvallisuusvirasto Traficom, Viestintäviraston ja Ilmatieteen laitoksen kanssa. Virastouudistus astui voimaan 1.1.2019. Hallitusohjelmassa päätetään liikenne- ja viestintäpolitiikasta, jolla hallinnonala ohjataan. Liikenne- ja viestintäministeriö puolestaan ohjaa hallinnonalaan virastoja tekemään tavoitteet ja toimimaan linjassa hallitusohjelman kanssa tulostavoitteiden avulla. [Liikenne- ja viestintäministeriö, 2018]. Ministeriö valmistelee toimialan strategiset ja poliittiset linjaukset, jotka perustuvat hallitusohjelmaan ja valtioneuvoston päätöksiin. Pääministeri Sipilän hallituskaudella pyritään toteuttamaan erityisesti liikennepoliittisessa selonteossa hyväksytyjä toimenpiteitä. Ministeriön alaiset virastot avustavat suunnitelmien laadinnassa sekä huolehtivat operatiivisesta toiminnasta. [Liikenne- ja viestintäministeriö, 2013. s. 19]. Liikenne- ja viestintäministeriön vastuulle kuuluu ELY-keskusten (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten) liikenne- ja infrastruktuuri-toimintojen ohjaus. Ministeriö on siirtänyt käytännön vastuun toiminnan tulohajauksesta Väylävirastolle säädöksellä. [Hoikkala et al. 2014, s. 13].

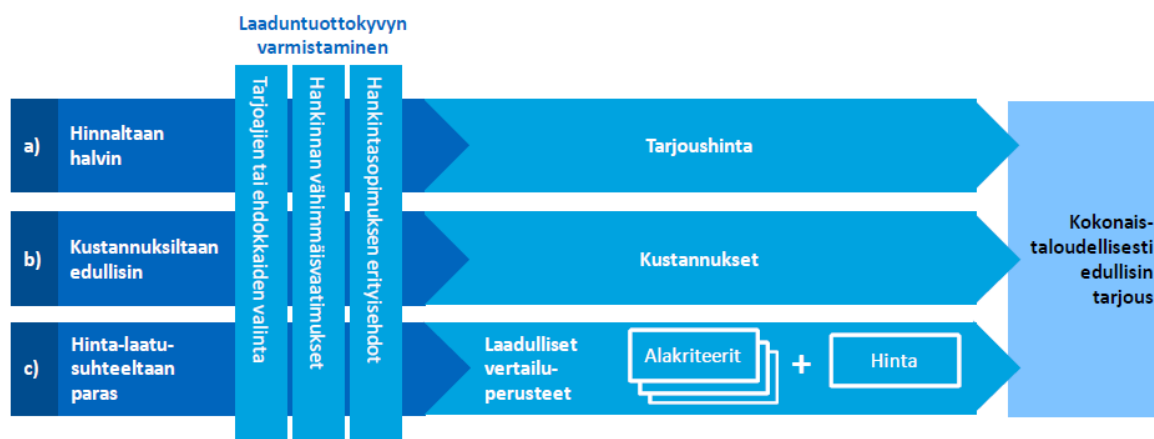
Pääosa Väyläviraston toiminnan rahoituksesta tulee valtion talousarviosta eli budjetista. Väylävirastolla voi olla lisäksi yhteisrahoitteisia hankkeita kuntien kanssa, ja EU avustaa joitain suunnittelu- ja rakentamishankkeita EAKR-, TEN- ja ENPI-tukina ja suunnitteluhankeita NDPTL-tuella. Noin kolmasosa Väyläviraston rahoituksesta ohjautuu ELY-keskusten kautta teiden kunnossapitoon, perustienpidon investointeihin sekä yksityisteiden tukiin. Liikenne- ja viestintäministeriö ohjaa Väyläviraston talouden ja toiminnan suunnittelua, ja antaa Väylävirastolle rahoitustason, jonka perusteella toimintasuunnitelma tehdään. Budjettirahoitus myönnetään vuosittain. Tarvittaessa, ja tyypillisesti, sitä täydennetään lisäbudjeteilla vuoden aikana. Liikennehankkeiden budjettirahoituksen muuttamisesta pidempi- ja lyhyempi-ajan jaksoihin on keskusteltu jo pidempään, sillä se parantaisi Väyläviraston toimintaedellytyksiä merkittävästi, mutta toistaiseksi muutosta ei ole tehty. [Liikennevirasto, 2013/2. s. 5].

Väyläviraston toimintaa ohjaavat erilaiset lait ja ohjeet. Väylänpitoa ja taitorakenteiden ylläpitoa ohjaavia, tärkeimpiä lakeja ja asetuksia ovat Laki Liikennevirastosta, Maankäyttö- ja rakennuslaki, Maantielaki, Rautatielaki, Vesilaki, Ympäristönsuojelulaki, Luonnonsuojelulaki, Jätelaki sekä Työturvallisuuslaki. Esimerkiksi Maantielain määrätään, että tienpitäjälle kuuluvat maantien kuulumien rakenteiden ja järjestelmien suunnittelu, rakentaminen, kunnossapito ja liikenteen hallinta. Valtio toimii tienpitäjänä yleisten teiden osalta, ja vastaa täten tienpidosta kustannuksineen. Tienpitöviranomaisena toimivat toimivaltaiset ELY-keskukset.

Väyläviraston hankintoja ohjaavat lisäksi erilaiset julkisen hankinnan ohjeet ja säädökset. Vuonna 2014 EU-parlamentti hyväksyi direktiivipaketin, jonka perusteella luotiin uudistettu laki julkisista hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista (1398/2016). Valtiovarainministeriö ohjeistaa valtion virastoja ja laitoksia julkisiin hankintoihin liittyvissä asioissa.

hankintakäsikirjassa, joka perustuu hankintalakiin ja jossa on huomioitu myös selvitys virastojen hankintatoimen kehittämisestä ja sen tuottamat suositukset. [Kuuttiniemi & Lehtomäki, 2017. s. 7].

Hankintalaissa edellytetään, että julkisessa hankinnassa on valittava kokonaistaloudellisesti edullisin tarjous. Tämä voidaan ymmärtää joko halvimpana hintana, edullisimpina kustannuksina tai parhaana hinta-laatusuhteena (Kuva 8).



Kuva 8. Hankintalaki ja vaikutusmahdollisuudet [lähde: Kuittinen & Le Roux, 2017. s. 44].

Elinkaarikustannusten arviointia ja laskentaa voidaan käyttää arviointiperusteena, kun valitaan kustannuksiltaan edullisinta vaihtoehtoa. Jos halutaan valita hinta-laatusuhteeltaan paras, ja vaihtoehtojen toteuttamisen hinta-laatusuhteet ovat vertailtavissa, elinkaarikustannusten arvioinnilla voidaan vertailla käytön aikaisia eroja. Vaikeasti laskentaan kytkettävät arvioitavat asiat, kuten ympäristövaikutukset, voidaan ottaa hankintaan mukaan laatutekijöinä. Laatutekijät tulee tällöin määritellä tarkasti jo hankintaa suunniteltaessa ja niitä tulee vaatia tarjousten valintakriteereissä. Tarjousten antajien valmiuksia suoriutua esimerkiksi ympäristövelvoitteista voidaan vaatia kaikissa hankintamenettelyissä tarjoajien soveltuvuusvaatimuksilla tai hankinnan kohteen kuvauksen tavoitteissa. Tarjoajan tulee todentaa suoriutuminen vaatimuksista esimerkiksi erilaisilla sertifikaateilla, ympäristömerkeillä, referensseillä tai teknisillä selvityksillä. [Kuittinen & Le Roux, 2017. ss. 43-44].

Väylävirasto ohjaa hankintatoimintaansa strategisella ohjauksella ja ohjeilla. Ohjeistus on jaettu tavoitetilan kuvaukseen (Hankinnan toimintalinjat - Tavoitetila) ja toteuttamisen periaatteisiin ja hankinnan kehittämisen päämääriin (Hankinnan toimintalinjat - Linjaukset ja kehittämiskohteet), ja yhdessä ne muodostavat Väyläviraston hankintastrategian. Näillä raporteilla ohjataan sekä Väyläviraston hankintoja, että ELY-keskusten liikenne- ja infrastruktuurivastuualueiden hankintoja. [Liikennevirasto, 2013/1. s. 3].

3.2 Tilaajan hankeprosessi

Tässä luvussa kuvataan tilaajan, tässä tapauksessa Väyläviraston hankeprosessia, eli sitä, miten hankkeita suunnitellaan.

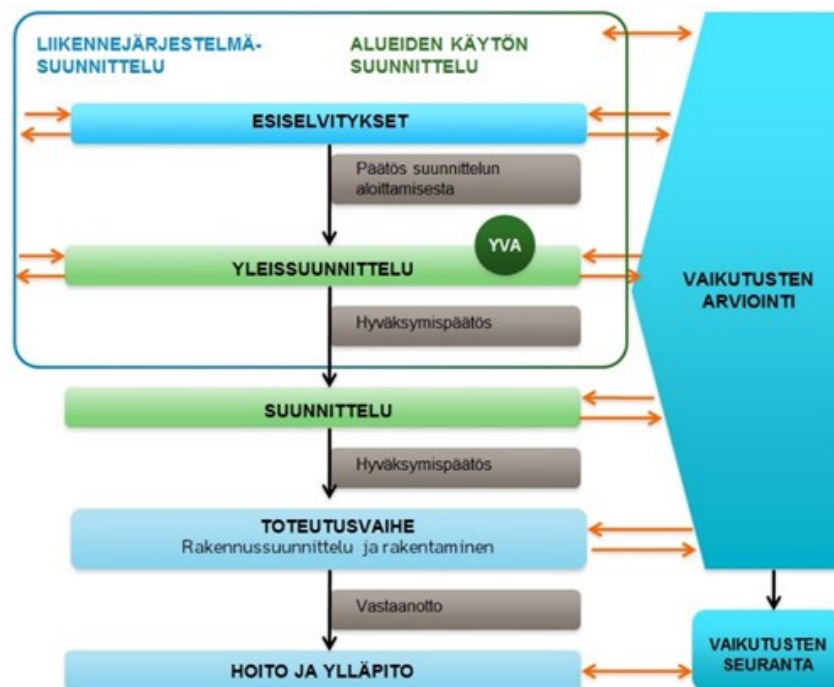
3.2.1 Hankkeiden suunnittelu- eli hankeprosessi

Tieväylien osalta väylien suunnittelusta vastaavat alueelliset ELY-keskukset. Väylävirasto vastaa puolestaan merkittävien tiehankkeiden suunnittelusta. Tieväylien suunnittelun hyväksyminen kuuluu Traficomille, eli liikenteen ja viestinnän lupa-, rekisteri- ja valvontaviranomaiselle. Tarvittaessa Traficom voi hyväksyttää suunnitelman liikenne- ja viestintäministeriössä. [Väylä.fi, 2018].

Väylävirastossa väylähankkeiden suunnittelua ohjataan suunnitteluperusteilla, joissa kuvataan tilaajan asettamat tavoitteet hankkeelle sekä hankkeen lähtökohdat ja esimerkiksi ympäristöön liittyvät vaatimukset ja rajoitteet. Suunnitteluperusteet laaditaan hankekohtaisesti. Ensimmäisen kerran suunnitteluperusteet määritellään esiselvitysvaiheessa ja niitä täydennetään hankkeen kaikissa suunnitteluvaiheissa, yleensä siirryttäessä suunnitteluvaiheesta toiseen. Asiakirjaa täydentävät väyläkohtaiset tekniset ohjeet suunnitteluperusteille. Suunnitteluperusteet tarkentuvat prosessin edetessä. Väylähankkeiden suunnitteluun on laadittu eri väylätyypeille omat suunnittelu- ja toimintaohjeet ja määräykset, joita tulee noudattaa. Näiden avulla päästään suunnitteluperusteissa määriteltyn lopputulokseen. [Liikennevirasto, 2011. ss. 6-10].

Väylävirastossa muodostetaan esimerkiksi tienpidon ohjelmia kolmella eri aikataululla osana muuta yhdyskuntasuunnittelua. Pitkän tähtäimen suunnitelma kattaa 10-30 vuoden ajan suunnitteluohjelman, toiminta- ja taloussuunnitelma neljän vuoden ohjelman ja lisäksi laaditaan toteutusohjelma, joka perustuu vuosittain tehtävään talousarvioon. [Väylä.fi, 2018].

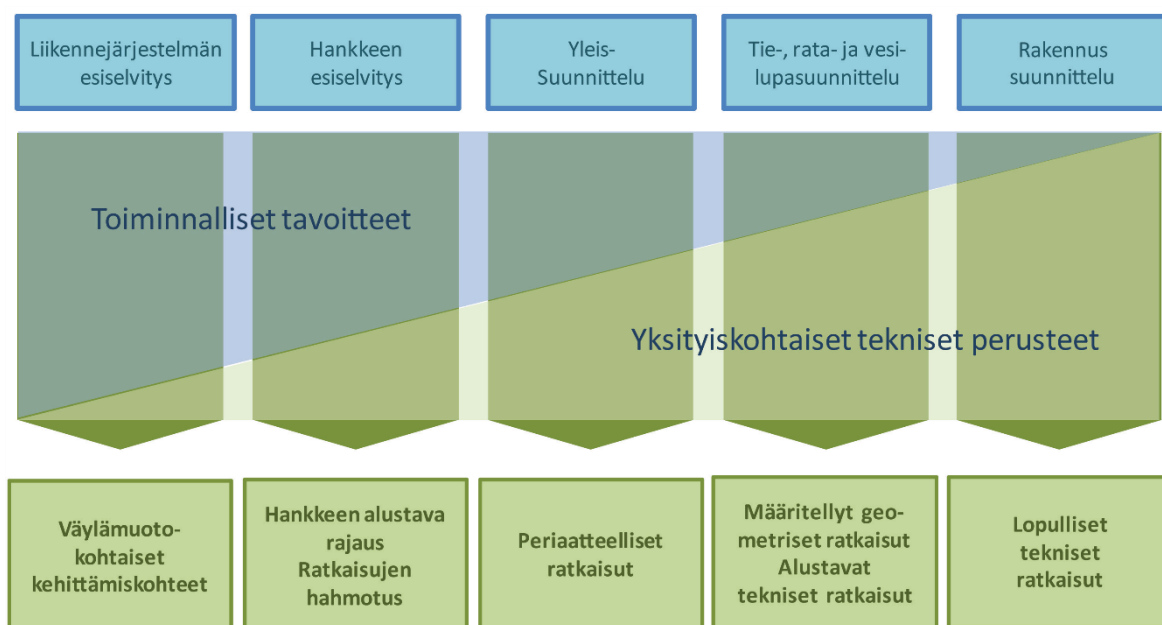
Väylähankkeiden suunnittelu kulkee hankkeen selvitystyöstä suunnitteluun ja sen jälkeen toteutukseen ja jatkuvaan vaikutusarviointiin. Suunnitteluprosessi sisältää hankkeen vaiheiden lisäksi suunnittelijoiden, virastojen ja virkamiesten muodostaman tekijäorganisaation. [Siipo, 2004. s. 30]. Infrahankkeissa suunnittelukohteet valitaan siten, että ne tukevat hallitusohjelman linjauksien toteutumista pitkällä aikavälillä. Suunnitteluvaiheet ja hyväksymispäätösvaiheet on kuvattu alla olevassa kuvassa (Kuva 9). Suunnittelu lähtee liikkeelle liikennejärjestelmäsuunnittelusta, jolloin laaditaan esisuunnitelma. Tieväylien hankesuunnittelussa tehdään yleissuunnitelma, tieväylien suunnitelma ja rakennussuunnitelma. Suunnittelun on perustuttava kussakin vaiheessa maankäytön kaavaan Maankäyttö- ja rakennuslain mukaisesti, ja suunnittelu onkin tiiviisti kytköksissä maankäytön suunnitteluun. [Liikennevirasto, 2011. s. 6]. Esisuunnittelusta edetään rakentamisvaiheeseen 6-10 vuoden ajassa, mikäli päätökset voidaan tehdä ilman viiveitä. [Liikennevirasto, 2016/2].



Kuva 9. Suunnittelun ja päätöksenteon vaiheet suunnitteluprosessissa. [Lähde: Väylä.fi, 2018].

Esisuunnitteluvaiheen aikana tutkitaan väylähankkeen tarpeellisuus ja selvitetään alustavia toteuttamistapoja hankkeelle. Suunnittelutaso vastaa maakuntakaavan tasoa. Esisuunnittelun perusteella tehdään hankkeen suunnittelun etenemispäätös tarpeellisuuden ja rahoituksen määräämässä aikataulussa.

Väylän, esimerkiksi tieväylän, likimääräinen sijainti ja kytkeytyminen olemassa olevaan väyläverkkostoon ja maankäyttöön arvioidaan yleissuunnitteluvaiheessa. Mikäli hanke edellyttää ympäristövaikutusten arviointimenettelyä, se tehdään yleensä myös tässä vaiheessa. Yleissuunnittelu on yleiskaava- tai asemakaavatasoista kohteesta riippuen. Kun yleissuunnitelmasta on tehty hyväksymispäätös, hanke voidaan siirtää Väyläviraston toteuttamisohjelmaan. Tiesuunnitteluvaihe tehdään asemakaavan tarkkuustasolla, eli suunnittelu on yksityiskohtaista. Tässä vaiheessa viimeistään määritellään tien tarkka sijainti ja liittymäjärjestelyt sekä tiealuetta varten varattava maa-alue. Suunnittelun ja suunnitteluperusteiden tarkentuminen on esitetty alla olevassa kuvassa (Kuva 10). Tiepäättöksen ja rahoituksen varmistuttua hankkeen toteutus voi alkaa. [Siipo, 2004. s.32].



Kuva 10. Hankkeen suunnitteluperusteet muotoutuvat hankkeen edetessä yksityiskohtaisemmiksi. [Lähde: Liikennevirasto, 2011. s. 8].

Teknisen suunnittelutyön tuloksena syntyvät suunnitelmakuvat toteutettavasta infra-hankkeesta. Lisäksi suunnittelutyöhön kuuluvat erilaisten selvitysten ja tutkimusten laatiminen sekä hankkeen havainnollistamisen ja päätöksenteon tueksi tarvittavan esittelymateriaalin tuottaminen. [Siipo, 2004. s. 30].

3.2.2 Siltojen suunnittelu ja siltatieto

Taitorakenteiden suunnittelusta ja rakennuttamisesta Väylävirastossa huolehtii väylänpito-toimialan alaisuudessa taitorakenneyksikkö [Väylä. 2019]. Siltojen suunnitteluun liittyy Väylävirastossa useita ohjeita. Suunnittelu tehdään Liikenteen turvallisuusviraston (Traficom) määräysten ja Väyläviraston hankekohtaisten suunnitteluperusteiden mukaisesti. Lisäksi suunnittelussa noudatetaan Eurokoodeja ja niiden kansallisia liitteitä sekä Väyläviraston niihin liittyviä soveltamisohjeita (NCCI-sarja). Väylävirastolla on lisäksi Siltojen suunnitelmat -ohje, jossa määritellään suunnittelun vaiheet ja vaadittavat asiakirjat, sekä esimerkiksi siltakohtaiset laatu- ja tuotevaatimukset [Tiehallinto, 2000. s. 7]. Taitorakenteiden

suunnittelun lähtötiedoista, geoteknisestä suunnittelusta ja muista yksityiskohdista on lisäksi laadittu oma ohjeensa. Tietomallisuunnittelu edellyttää viraston laatiman Siltojen tietomalliohjeen sekä buildingSMART Finland:n julkaiseman Yleisten inframallivaatimukset -ohjeen noudattamista. [Liikennevirasto, 2014/3. s. 9].

Siltojen suunnittelu noudattaa yleisiä väyläsuunnittelun vaiheita. Suunnittelu etenee esisuunnittelusta yleissuunnittelun sekä tie- ja ratasuunnittelun kautta rakennussuunnitteluun ja sen jälkeen toteutukseen ja kunnossapitoon. Siltojen osalta esisuunnitteluvaihe on usein siltapaikkojen määrittelyä väylähankkeessa tai vanhan sillan korjauksen tai uusimisen toimenpiteiden vertailua. Tässä vaiheessa kustannuksista tehdään karkea arvio. Yleissuunnitteluvaiheessa tutkitaan valitun siltapaikan siltavaihtoehtoja, ja valitaan vaihtoehtoista yksi alustava siltasuunnitelma jatkoon, ja tälle laaditaan kustannusarvio. Sillan yleissuunnitelmaa tarvitaan usein myös hankkeen ympäristövaikutuksia arvioitaessa (YVA). Joskus sillan yleissuunnitelma tehdään vasta väylähankkeen tiesuunnitteluvaiheessa, mutta yleensä siltasuunnitelma eli sillan pääpiirustukset laaditaan ennen hankkeen alkua samaan aikaan tiesuunnitelman kanssa. Olennaista eri suunnitteluvaiheissa on se, että eri ratkaisuvaihtoehtoja on tutkittu ja pohdittu riittävästi ennen lopulliseen ratkaisuun päättymistä. Tiesuunnitelmaan sillasta liitetään pääpiirustusten lisäksi havainnekuvia ja kustannustieto sekä tarvittaessa ympäristösuunnitelma. Siltasuunnitelmaa käytetään myös tarjouspyyntödokumenttina, mikäli urakoitsijalta edellytetään sillan rakennussuunnitelman laatiminen. Rakennussuunnittelussa esitetään sillan rakenteet siinä muodossa kuin ne toteutetaan.

Siltojen suunnittelu on nykyään pääosin digitaalista eli tietomallintamiseen perustuvaa perinteisten 2D-piirustusten sijaan. Kolmiulotteisen mallin avulla sillan suunnitteluvaiheessa pyritään mahdollisimman virheettömiin suunnitelmiin sekä keräämään siltaan ja siltapaikkaan liittyvää informaatiota yhteen paikkaan. Näin tieto on muidenkin osapuolten käytettävissä. Tietomallintamisen ajatellaan myös tehostavan rakennusprosessia sekä laadun että talouden suhteen.

Siltojen suunnittelu alkaa lähtötietomallin kokoamisella. Riittävän tarkat ja kattavat lähtötiedot ovat suunnittelun perusta. Lähtötietomalli saattaa sisältää mallinnettuja rakenteita ja kolmiulotteisia aluemalleja kaksiulotteisten aineistojen ja dokumenttien lisäksi, jolloin sitä kutsutaan lähtötietojen yhdistelmämalliksi. [Liikennevirasto, 2014/3. ss. 9-15].

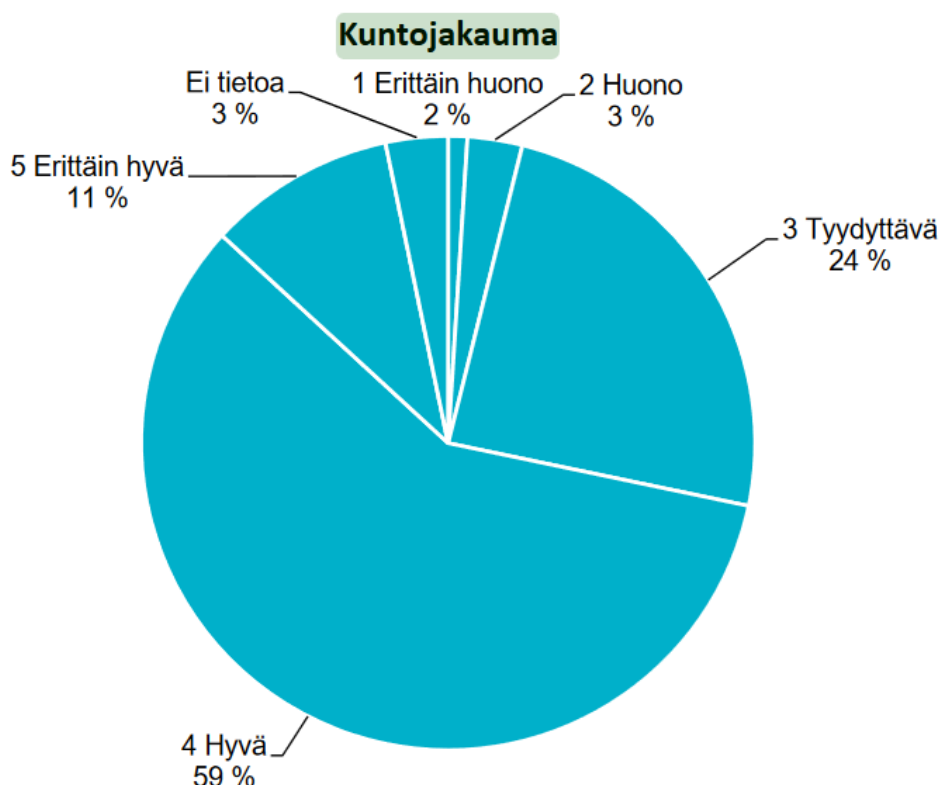
Siltojen suunnittelukäyttöikä on 100 vuotta (paitsi puusilloilla 50 vuotta), mikä perustuu sekä laatuvaatimusten mukaiseen rakentamiseen, että koko elinkaaren aikaiseen hoitoon ja ylläpitoon. Siltojen rakenneosia korjataan ja tarvittaessa uusitaan tarpeen mukaan, tarvittaessa useitakin kertoja sillan elinkaaren aikana. Rakenneosan sijainti, materiaali, suojakäsittelyt sekä rasitus vaikuttavat siihen, millainen korjaus- ja uusimistarve kullakin osalla on. Uusimisvälin ennakointi perustuu lähinnä kokemuseräiseen tietoon. [Liikennevirasto, 2015. ss. 49-50].

Taitorakenteiden kunnossapito sisältää taitorakenteen hoidon, käyttötoimenpiteet ja ylläpidon. Siltojen hoidon tarkoituksena on varmistaa turvallisuus ja liikennöitävyys sillalla. Hoitoon kuuluvat laitteiden ja ympäristön puhdistustyöt sekä tarpeelliset, pienet huoltokorjaukset. Samalla tarkastetaan myös silmämääräisesti siltojen kuntoa ja vaurioita. Hoitoon kuuluvat useimmiten myös vuositarkastukset. Hoidolla edistetään optimaalista elinkaarikustannusten hallintaa. [Liikennevirasto, 2015. s. 59].

Taitorakenteiden ylläpidon suunnittelulla pyritään varmistamaan valtakunnallisten tavoitteiden mukainen kunto- ja palvelutaso. Tarkoituksena on minimoida liikennehaitat ja varmistaa liikenneturvallisuus. Halutut, tarkoituksenmukaiset kuntotasot ja palvelutasot riippuvat väylän käyttöasteesta ja tärkeydestä esimerkiksi elinkeinoelämälle. Ylläpidon vähimmäistason sanelee aina liikenneturvallisuuden varmistaminen. Rahoituksen vuoksi korjauksia joudutaan priorisoimaan, ja tällä hetkellä erittäin huonokuntoiset sillat ovat etusijalla, ja

toisena keskeisen väyläverkon huonokuntoiset sillat. [Liikennevirasto, 2015. s. 52]. Taitorakenteen kunnan heikentyessä se asetetaan peruskorjausohjelmaan [Liikennevirasto, 2014/3. s. 16].

Väylävirasto tutkii säännöllisesti kaiken väyläomaisuuden kuntoa. Sillat tutkitaan viiden vuoden välein toistuvilla yleistarkastuksilla. [Liikennevirasto, 2018. s. 32]. Esimerkiksi vuonna 2017 Väylävirasto teetti 2865 siltojen tarkastustutkimusta. Siltojen kuntotarkastusten perusteella niiden kunto jaetaan ylläpitotarpeen mukaan viiteen luokkaan, erittäin hyvästä erittäin huonoon. Mikäli luokka on erittäin huono, peruskorjaus olisi pitänyt jo tehdä. Huonokuntoisen sillan peruskorjaus tulisi tehdä heti ja tyydyttäväkuntoisen sillan peruskorjaukseen tulee varautua. Hyväkuntoisella sillalla on vain vähäistä kunnostustarvetta ja erittäin hyväkuntoisella sillalla ylläpitotarpeita ei tutkimushetkellä ole. Seuraavassa kuvassa (Kuva 11) on esitetty Väyläviraston hallinnassa olevien siltojen jakautuminen kuntoluokkiin.



Kuva 11. Väyläviraston hallinnoimien siltojen kuntojakauma. [Lähde: Liikennevirasto, 2018. s. 69].

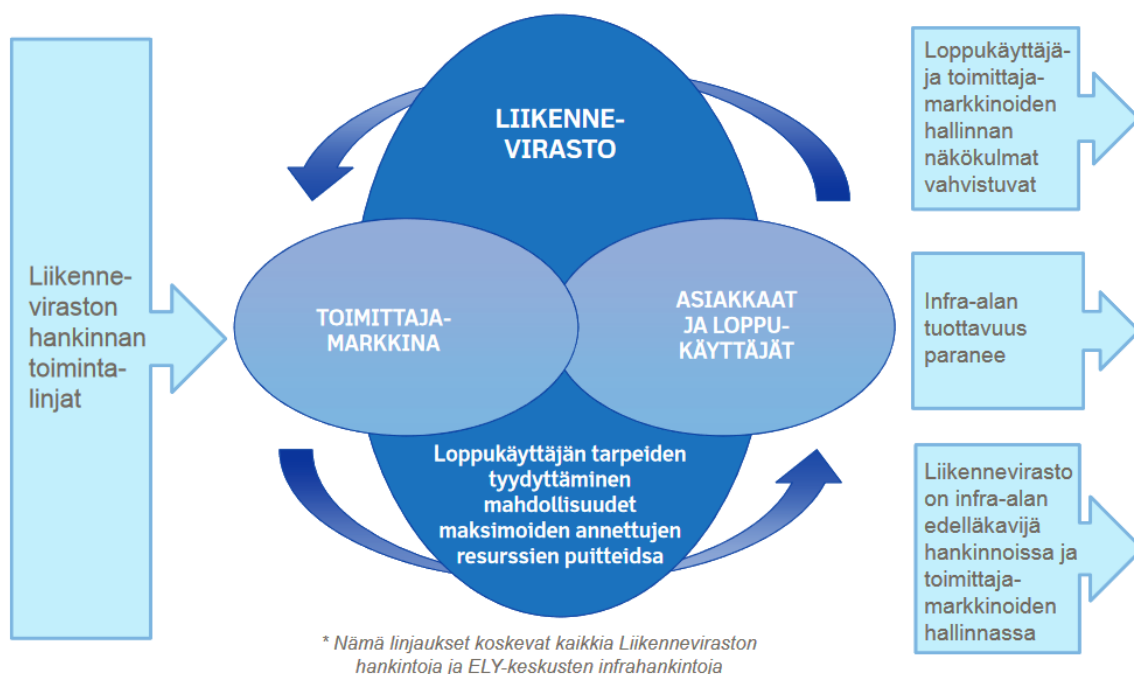
Erittäin huonokuntoisia tieliikenteen siltoja vuoden 2018 alussa oli 74 kappaletta, ja huonokuntoisia siltoja 536 kappaletta Väyläviraston hallinnassa olevien tieliikenteen siltojen kokonaismäärän ollessa 15 140 kappaletta [Liikennevirasto, 2018. ss. 42-46]. Taitorakenteiden, kuten siltojen, kunto ja elinkaarikustannusten hallinta riippuvat siitä, miten rakenteita ylläpidetään ja hoidetaan asiantuntevasti. Toimenpiteiden tulisi olla suunnitelmallisia, tehokkaita sekä oikein kohdennettuja ja ajoitettuja. [Liikennevirasto, 2015. s. 53]. Tarkastusten tavoitteena on hallita huonokuntoisten ja erittäin huonokuntoisten siltojen määrää suunnitelmallisesti. Sillat tulisi peruskorjata ennen kuin niiden kunto luokitellaan luokkaan 1 (erittäin huono), jotta sillan optimaalinen elinkaaritalous olisi saavutettavissa. Mikäli uusien vaurioiden synty ja kantavuutta heikentävät seurannaisvaikutukset halutaan estää, pitäisi ylläpitokorjaukset toteuttaa mahdollisimman pian vaurioluokan pienentyessä. [Liikennevirasto, 2015. s. 34].

Siltojen rakenneosien uusimisväleistä, eli odotetusta kestoikästä, on olemassa kokemusperäistä tietoa, joiden avulla tulevia toimenpiteitä voidaan suunnitella ja ennakoida. Asiantuntevalla ylläpidolla rakenteiden elinkaarta voidaan yleensä jatkaa. [Liikennevirasto, 2015. s. 49]. Siltojen peruskorjauksia tehtiin esimerkiksi vuonna 2013 noin 50 miljoonalla eurolla 146 tiesillalle [Liikennevirasto, 2015. s. 63]. Taitorakenteiden korjausvelka tieverkolla vuonna 2011 oli 231 M€ [Liikennevirasto, 2015. s. 14].

Väyläviraston hallinnassa olevista silloista kerätään tiedot Taitorakennerekisteriin, joka vuoden 2017 alkupuolella korvasi Siltarekisterin. Taitorakennerekisteri on sähköinen tietovarasto, jota päivitetään reaaliaikaisesti [Liikennevirasto, 2015. s. 11]. Taitorakennerekisteri kehitettiin osana Väyläviraston digitalisaatio-kehityshanketta, jolla pyritään tieverkon ennakoivaan kunnonhallintaan ja tiestötietojen ylläpitojärjestelmän kehittämiseen. Taitorakennerekisteriin kerätään taitorakenteiden perustietoa, kuten hallinnolliset ja rakenteelliset tiedot, mutta myös esimerkiksi siltojen vaurio- ja kuntotiedot sekä korjaus- ja historiatiedot. [Liikennevirasto, 2018/2].

3.3 Väyläviraston hankintaprosessi

Väyläviraston hankinnat kuuluvat olennaisesti viraston strategian, toimivan liikenneverkon, toteuttamiseen ja saavuttamiseen. Väylävirasto on tilaajaviranomainen, joka ei itse tuota väylänpidon palveluita, vaan tilaa ne toimittajamarkkinoilta. Valtaosa viraston tarvitsemista tuotteista, palveluista ja osaamisesta hankitaan organisaation ulkopuolisilta tuottajilta. Väylävirasto on määrittänyt hankinnan tavoitteet ja periaatteet Hankinnan toimintalinjat -julkaisussa, jossa määritetään hankinnan kehittämisen ja ohjauksen tavoitetila sekä hankinnan kehittämiskohteet ja kehittämistoimenpiteet. Toimintalinjat koskevat kaikkia Väyläviraston ja ELY-keskusten hankkeita. Alla olevassa kuvassa (Kuva 12) on esitetty Väyläviraston hankintojen markkinoilla ja niiden tavoitteet.



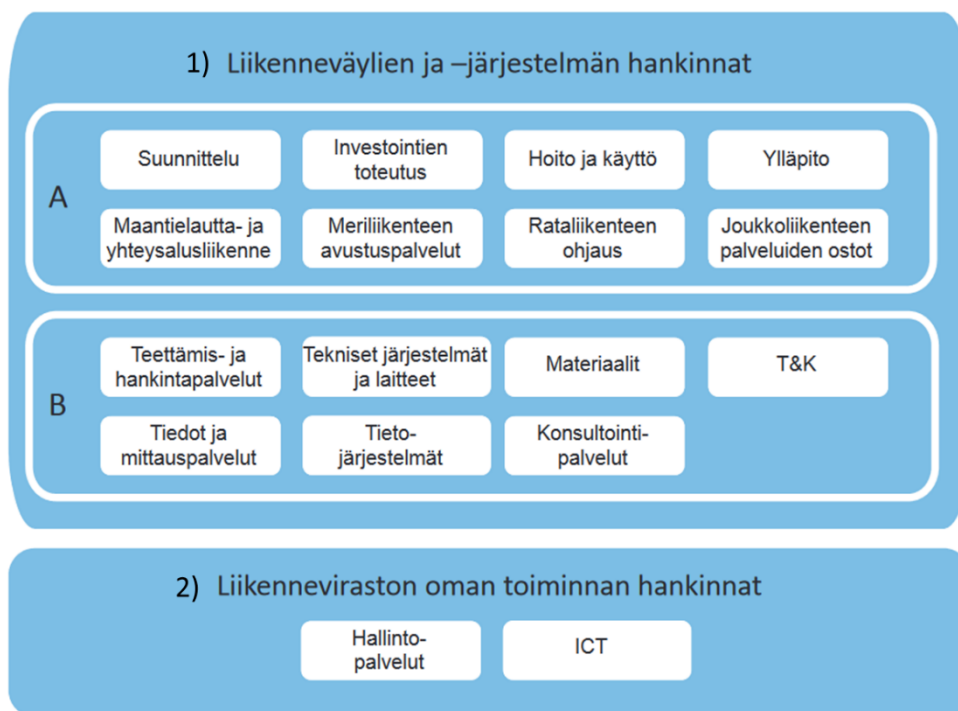
Kuva 12. Väyläviraston hankinnan rooli palveluiden tuottamisessa ja hankinnan tavoitteet [Liikennevirasto 2013/3. s. 7].

Hankintojen ohjaus

Hankinnan ohjauksen kannalta Väyläviraston hankinnat on jaettu kahteen kategoriaan, joihin kuuluvat tuote- tai palveluryhmät ohjataan kokonaisuutena. Hankintaryhmään kuuluville kohteille voi olla yhteistä esimerkiksi käyttötarkoitus tai toimittajamarkkina, jolloin niitä on järkevää hallita samassa kokonaisuudessa. Hankintakategoriat ovat:

- 1) Hankinnat, jotka liittyvät liikenneväylien ja -järjestelmän toimivuuteen ja kehittämiseen, sekä
- 2) Hankinnat, jotka liittyvät Väyläviraston oman toiminnan kehittämiseen ja ylläpitoon.

Näistä ensimmäisen ryhmän hankinnat jaetaan edelleen kahteen alaryhmään (A ja B, esitetty kuvassa 13) sen perustella, kuinka merkittävä rooli Väylävirastolla ja ELY-keskuksilla on toimittajamarkkinoiden näkökulmasta. Ryhmän A hankinnoissa Väylävirasto on tilaajana Suomessa joko erittäin merkittävä tai ainoa. A-ryhmään kuuluvat hankinnat kohdistuvat yleensä suoraan loppukäyttäjään. B-ryhmän hankinnoissa Väyläviraston ja ELY-keskusten rooli asiakkaana ei ole markkinassa aivan yhtä merkittävä, ja lisäksi toimittajamarkkina on monialaisempi ja laajempi. Hankintaryhmä vaikuttaa esimerkiksi hankinnalle asetettaviin tavoitteisiin. [Liikennevirasto, 2013/3. ss. 5-19].



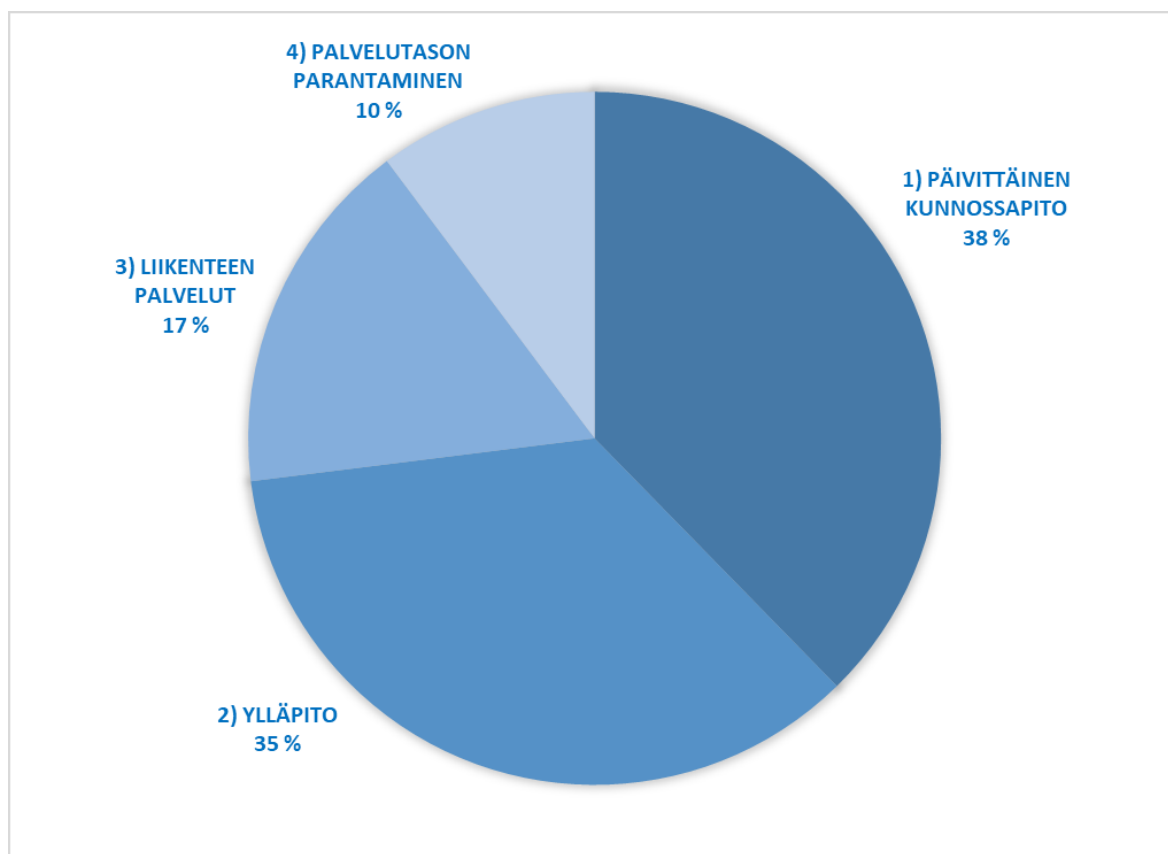
Kuva 13. Hankintakategoriat Väylävirastossa [Liikennevirasto, 2013/1. s. 11].

Hankinnoista julkistetaan kuukausittain päivittyvä, jokaiselle alakategorialle oma hankintaohjelma. Hankintaohjelmat sisältävät tietoa tie-, vesi- ja rataväylien tulevista hankinnoista kategorioittain. Tulevien hankintojen tietojen perusteella konsultit, urakoitsijat ja muut toimijat voivat suunnitella toimintansa tulevaisuutta. [Väylä, 2019].

Kustannuksiltaan merkittävin hankintakokonaisuus Väylävirastossa ja ELY-keskuksissa on perusväylänpito, jonka määrärahaa päätetään vuosittain valtion talousarviossa. Perusväylänpidolla pyritään turvaamaan ihmisten ja elinkeinoelämän turvallinen ja sujuva liikuminen vuoden ympäri. Vuosittainen budjetti on viime vuosikymmenen ajan ollut noin

1000 milj. €. Tästä summasta yli puolet kuluu tieväylien rahoitukseen. Perusväylänpidon sisällä suurimmat kustannuskokonaisuudet (kuva 14) muodostavat:

- 1) *Päivittäinen kunnossapito* (keskimääräinen vuosittainen rahoitus 405 M€ v. 2013-2017), jolla varmistetaan päivittäinen liikennöitävyys liikenneverkolla.
- 2) *Ylläpito* (keskimäärin 380 M€/v), jolla korjataan ja uusitaan kulumisen ja ikääntymisen liikenneverkolle ja sen rakenteisiin aiheuttamia vaurioita.
- 3) *Liikenteen palvelut* (keskimäärin 180 M€/v), joilla huolehditaan liikenteen ohjauksesta, tiedotuksesta ja jäänmurto- ja maantielauttapalveluista.
- 4) *Parantaminen* (keskimäärin 110 M€/v), eli pienet investoinnit, joilla parannetaan liikenneverkon palvelutasoa. [Liikennevirasto, 2013/4. s. 3].



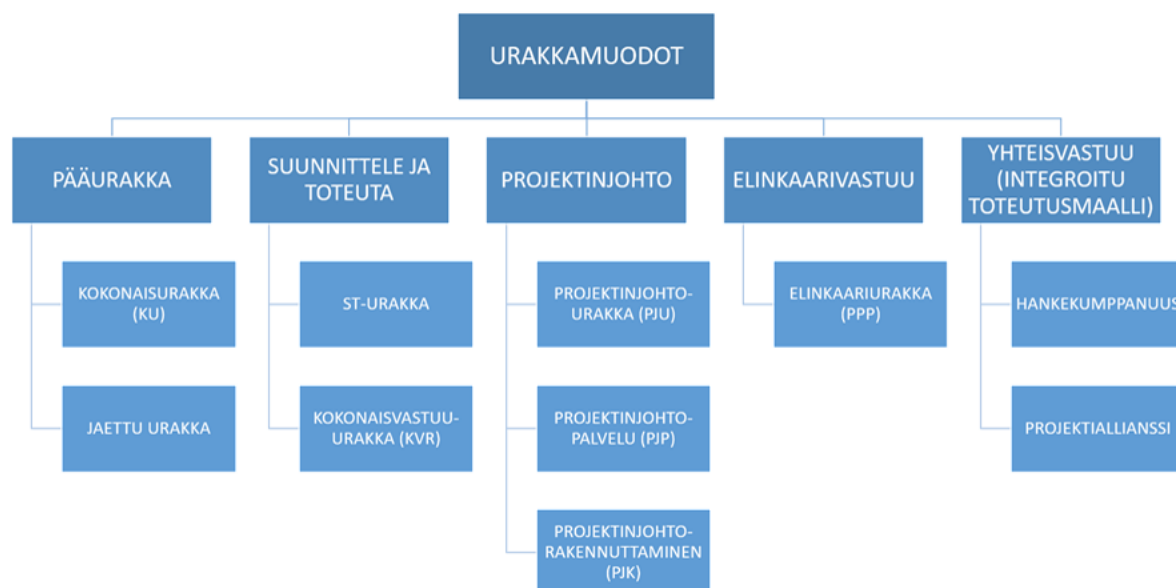
Kuva 14. Perusväylänpidon rahoituksen jakautuminen kustannuskokonaisuuksiin keskimäärin vuosina 2013-2017. [Koottu lähteestä Liikennevirasto, 2013/4. s. 3].

Väylävirasto pyrkii varmistamaan hankinnan ohjauksella hankintojen suunnitelmallisuuden ja hallinnan. Ohjauksella myös varmistetaan hankintakäytäntöjen ja -ohjeiden yhtenäisyys. Ohjaukseen kuuluvat hankintojen linjaaminen ja koordinointi, hankintakategorioiden kokonaisuuksien hallinta ja kehittäminen, sekä hankinnan käytännön prosessin ohjaaminen.

Hankinnan vaiheet

Hankinnan käytännön prosessi virastossa on kolmivaiheinen. Prosessi muodostuu hankinnan suunnittelusta, kilpailuttamisesta ja toteuttamisvaiheesta (Kuva 15).

tilaajan tavoitteita ja osaamista sekä resursseja osallistumiseen. Hankkeen toteutusmuodolla on vaikutusta siihen, miten työnjako tapahtuu sopimusosapuolten välillä, miten tehtävät ja vastuut jakautuvat sekä siihen, millainen on toteuttamisen maksuperuste. Toteutusmuoto määrittää myös sen, kuka vastaa suunnitelmien teettämisestä ja niiden laadusta. [Saarinen, 2017]. Toteutusmuodot voidaan jakaa pääryhmiin suoritusvelvollisuuden perusteella: pääurakkamuotoihin, suunnittelun ja toteutuksen sisältäviin urakkamuotoihin, projektinjohdourakoihin, yhteisvastuumuotoihin sekä elinkaarivastuumalliin (Kuva 17). Suoritusvelvollisuuden perusteella jako tarkoittaa sitä, missä vaiheessa tilaaja siirtää toteutuksen urakoitsijalle. Urakkamuodot voidaan jakaa myös urakkahinnan maksuperusteen mukaan tai urakoitsijoiden välisten suhteiden mukaan alisteisesti.

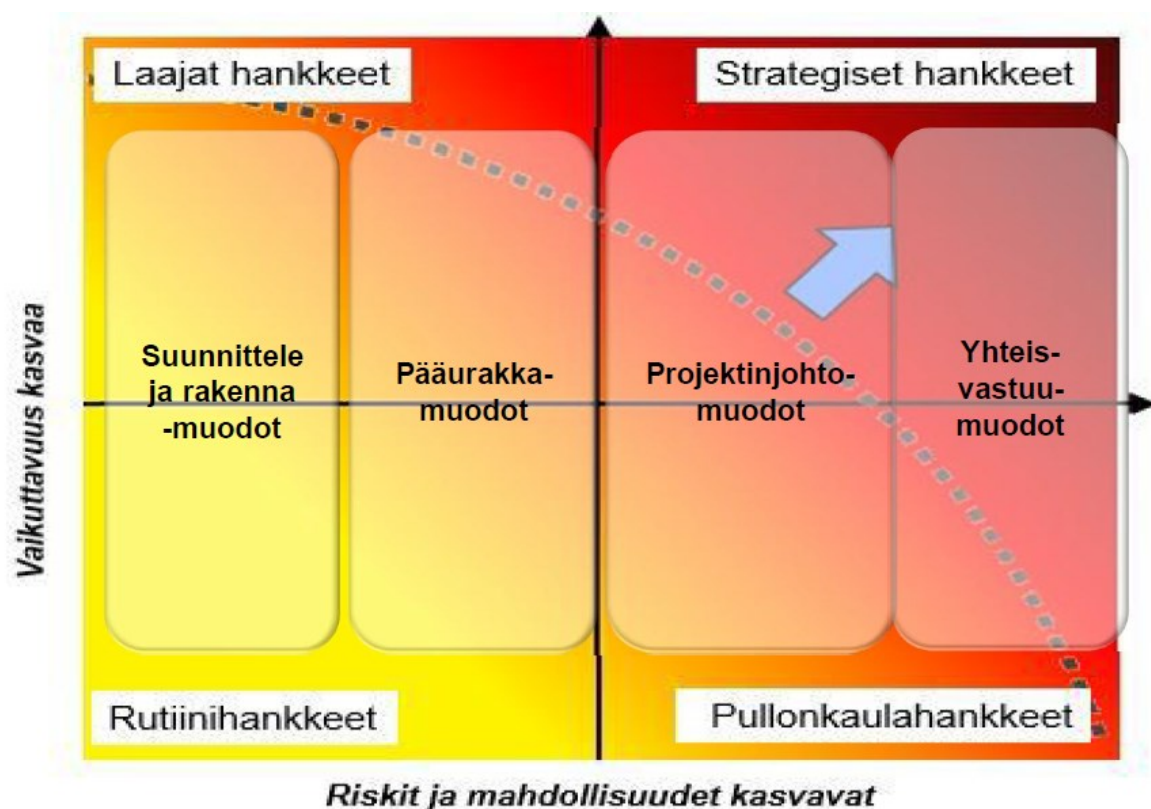


Kuva 17. Urakan toteutusmuodot jaettuna suoritusvelvollisuuden perusteella. [Koottu lähteistä Saarinen, 2017, Somersalmi, 2017, s. 8 ja Vuorela et al. 1998, ss. 62-67].

Pääurakkamuodoissa urakoitsijan vastuulla on projektinjohdosta ja rakennustyö. Hankkeen suunnittelusta ja suunnitelmien sisällöstä vastaa tilaaja. Kokonaisurakassa tilaaja on sopimussuhteessa vain yhden urakoitsijan kanssa, ja urakoitsija rakentaa kohteen tilaajan suunnitelmien perusteella. *Suunnittelun ja toteutuksen sisältävässä urakassa* kohteen suunnittelu, toteutus ja ohjaus kuuluvat kaikki urakoitsijan vastuulle. Näin ollen tilaajalta ei vaadita projektin toteutusvaiheessa kovinkaan paljon resursseja. ST-urakkaa hankittaessa kilpailutetaan pääosin hinta, ja KVR-urakassa kilpailutus koskee sekä laatua että hintaa. *Projektinjohdourakat* on jaettu osaurakoihin. Urakassa ei ole pääurakoitsijaa, vaan projektinjohdosta vastaa sitä varten perustettu organisaatio, johon voi kuulua tilaajan, projektinjohdourakoitsijan ja -konsultin henkilöstöä. [Vuorela et al., 1998, s. 65-67]. *Elinkaariurakkamallissa* sopimukseen kuuluu suunnittelun ja rakentamisen lisäksi ylläpito kohteen vastaanottamisen jälkeen. Tilaaja määrittää toimivuudelle, laadulle ja palvelutasolle kriteerit, ja valitsee kilpailuttamalla kohteen toteuttajan sekä maksaa kohteen valmistumisesta alkavan palvelujakson ajan palvelumaksua ylläpidosta. Kohteen omistaja voi olla esimerkiksi kunta, projektiyhtiö tai ulkopuolinen rahoittaja. Pitkällä yhteistyösopimuksella pyritään palvelun kehittämiseen ja elinkaarikustannusten minimoimiseen. [Kivioja, 2015]. *Yhteisvastuulliset urakat, tai integroidut toteutusmallit*, ovat uusimpia toteutusmuotoja. Niissä suunnittelu ja urakointi kilpailutetaan heti hankkeen alussa, ja ne toteutetaan yhdessä tilaajan ja muiden osapuolien

kanssa. Toteutusmuoto kannustaa hankkeen kehittämiseen ja siinä myös riskit ja hyödyt jaetaan sopimuksen osapuolten kesken. [Saarinen, 2017]. Allianssimallissa hankkeen suunnittelusta ja toteuttamisesta vastaa allianssi eli yhteistyöryhmä, johon kuuluvat tilaaja, urakoitsijat ja suunnittelijat tiiviissä ja avoimessa yhteistyössä [Airola & Heikkinen, 2013].

Hankinnan toteutusmuodon valinta riippuu esimerkiksi hankinnan koosta ja siitä, millaisia vapausasteita sen toteuttamisessa voidaan sallia. Elinkaarinäkökulman huomioiminen on periaatteessa mahdollista kaikissa toteutusmuodoissa, kunhan tilaaja osaa sitä vaatia ja huolehtii sen huomioimisesta. Elinkaarimallissa se tulee luonnollisesti mukaan, mutta tärkeää on, että sopimusaika on riittävän pitkä, jotta elinkaari tulee huomioiduksi kokonaan. Integroidut urakkamallit avaavat urakkaa kaikille osapuolille, joten elinkaaren huomioimiseen voidaan saada riittävän laaja osaaminen sekä innovaatiot esiin, kunhan yhteistyö ja tiedonkulku eri toimijoiden välillä sujuu. Urakkamuodon valintaa on kuvattu alla olevassa kuvassa (Kuva 18).



Kuva 18. Toteutusmuodon valinta. [Lähde: Somersalmi, 2017. s. 9].

Väyläviraston strategiassa on linjattu, että hankintojen menettelyissä ja sopimuksissa tulee pyrkiä kannustamaan innovatiivisuuteen, eli uusien ratkaisujen kehittämisen mahdollistamiseen ja hyödyntämiseen [Liikennevirasto, 2013/1. s. 16]. Virasto onkin kehittämässä yhdessä Valtion tutkimuskeskuksen (VTT) kanssa myös uusia hankintamuotoja, joissa hankintojen kehittämistä on avattu entistä paremmin ja aiemmassa vaiheessa eri sidosryhmille. Tilaajan, suunnittelijan ja urakoitsijan yhteistyön edut ovat nousseet esiin allianssihankkeissa, ja allianssihankintamuodon yhteiskehitysajatusta on pyritty tuomaan mukaan perinteisiin hankintamuotoihin. Petoike-hankkeessa luotiin ja testattiin kahta mallia, kokonaisurakkamallia (KU) sekä suunnittele ja toteuta -mallia, joihin tuotiin kehitys yhteistyö mukaan eri vaiheisiin. Näin on saatu aikaan kehitysmenettelyyn perustuva kokonaisurakka (kKU) ja kehitysvaiheen sisältävä suunnittele ja toteuta -urakka (STk). Molemmista urakoitsijaa pyritään ohjaamaan hankkeen kehittämisen ideointiin erilaisilla kannustimilla ja taloudellisen

riskin pienentämisellä. Ensin mainitussa urakoitsijat voivat ehdottaa laadittuihin suunnitelmiin parannuksia, jonka jälkeen suunnitelmia muokataan tarvittaessa. Sen jälkeen urakoitsijat jättävät tarjouksen urakan toteuttamisesta. Urakoitsijan tekemät kehitysehdotukset huomioidaan tarjousten laatua arvioitaessa ja siten ne vaikuttavat myös valintaan hinnan lisäksi, joten urakoitsijoiden kehitysideat saadaan paremmin tilaajan käyttöön. STk-urakassa tarjoukseen eivät sisälly ST-urakan tavoin suunnitelmat, vaan vain urakkahinta ja laatutekijät. Tarjousten jättämisen jälkeen alkaa kehitysvaihe, jossa varmistetaan tarjousten vaatimusten mukaisuus. Menettelyllä pyritään keventämään tarjouksentekovaihetta ja siten lisäämään urakoitsijoiden halukkuutta tehdä tarjous, sekä saada urakoitsijoiden kehitysideat tilaajan tietoon. [Lahdenperä, 2018. s. 68]. Uusien hankintamuotojen avulla voidaan myös pienemmissä hankkeissa jatkossa helpottaa elinkaarinäkökulman huomioimista.

3.4 Hankinnan vaiheet elinkaariajattelun näkökulmasta

Ympäristöministeriö ohjeistaa julkisen rakentamisen vähähiilisyyteen ja elinkaarinäkökulman huomioimiseen vapaaehtoisesti toteutettavien ohjeiden avulla. Kohti vähähiilistä julkista rakentamista -ohjeessa on pohdittu, miten voidaan kustannustehokkaasti parantaa rakentamisen ympäristövaikutuksia, ja sitä suositellaan soveltamaan jo suunnitteluvaiheesta lähtien. Opas on laadittu talonrakentamisen tueksi, mutta se soveltuu hyvin myös infarakentamisen hankinnan apuvälineeksi, kun halutaan rakentaa elinkaarinäkökulma huomioiden. Hankinnan vaiheet on jaettu kuuteen osaan seuraavasti:

1. *Etsitään tärkeimmät vaiheet, joissa elinkaariasioihin voi eniten vaikuttaa.* Hankkeen valmisteluvaiheessa tulisi myös arvioida kohteen elinkaarenaikaiset ympäristövaikutukset, kuten CO₂-päästöt. Lisäksi olisi syytä tarkastella budjetoinnin yhteydessä myös elinkaarikustannuksia alustavasti.
2. *Asetetaan tavoitteet.* Hankkeen tavoitteen asetannassa muistetaan ottaa oma tavoitteensa toiminnallisille ja teknisille vaatimuksille mutta myös vähähiilisyydelle. Selvitetään niiden kustannusoptimaalisuus.
3. *Kohdistetaan tavoitteet hankinnan kohteille,* eli suunnittelulle, materiaali- ja laitehankinnoille sekä urakoille. Kohteille määritellään hankintamenettely, vähimmäisvaatimukset, valintakriteerit ja päätetään, miten tarjoukset vertaillaan.
4. *Kilpailutetaan.* Kilpailutusvaiheessa tehdään tarjouspyynnöt. Hankintailmoituksessa tulee olla hankkeelle asetetut tavoitteet, ja tavoite vähähiilisyydestä ja elinkaariajattelusta voidaan ilmaista myös ilmoituksessa.
5. Ympäristö- ja elinkaaritavoitteet liitetään myös sopimukseen. Sopimuksessa voidaan käyttää tukena kannustimia ja sanktioita tavoitteiden saavuttamiseksi. Tavoitteiden toteutumista tulee seurata sopimusaikana.
6. Dokumentoidaan ja analysoidaan tulokset. Kokemuksen perusteella saadaan tietoa siitä, millaiset käytännöt ovat osoittautuneet toimiviksi ja mitkä toimimattomiksi. Tulokset kannattaa jakaa sekä hankintayksiköille että tarjoajille tiedoksi.

Hankintalaki mahdollistaa tällä hetkellä ympäristökriteerien käyttämisen yhtenä arvosteluperusteena hankinnan valinnassa, ja tulevaisuudessa käyttöön otetaan hiilijalanjälkeä ohjaava lainsäädäntö, joka edellyttää julkisen rakentamisen huomioivan myös CO₂-päästöt. [Ympäristöministeriö, 2017. ss. 1-4].

4 Haastattelututkimus

Oman aineiston keruuseen, eli tutkimuksen empiirisessä osassa, käytettiin tässä työssä teemahaastatteluja. Haastattelut toteutettiin keskustelunomaisina ja melko vapaamuotoisina, mutta kuitenkin niin, että haastateltavat henkilöt ja käsiteltävät asiat oli määritetty ennalta. Kyseinen haastattelumuoto on puolistrukturoitu teemahaastattelu [Saaranen-Kauppinen & Puusniekka, 2009, s. 53]. Teemahaastattelututkimuksen etuna on sen joustavuus; haastattelussa pystytään esimerkiksi selventämään mahdollisesti epäselviä kysymyksiä, muotoilemaan niitä uudelleen, esittämään jatkokysymyksiä sekä muuttamaan kysymysten järjestystä tarpeen mukaan. Haastatteluilla pyrittiin saamaan kerättyä kaikki mahdollinen tieto aiheesta, jolloin on tarkoituksenmukaista sopia haastattelun ajankohta, kertoa haastattelun aihe ja tarkoitus sekä mahdollisesti myös kysymykset haastateltaville etukäteen, jotta haastateltavat pystyvät valmistautumaan haastatteluun. [Tuomi & Sarajärvi, 2009, ss. 72-73].

Työssä haastateltiin tilaajaorganisaatiossa työskenteleviä ihmisiä sekä sidosryhmien edustajia, kuten urakoitsijoita. Haastattelujen tarkoituksena oli selvittää alalla työskentelevien henkilöiden näkemyksiä ja kokemuksia aiheesta. Haastattelu on hyvä tapa kerätä mahdollisimman paljon tietoa tutkittavasta aiheesta [Tuomi & Sarajärvi, 2009, s.73]. Haastatteluihin osallistui yhteensä 17 henkilöä 13 haastattelutilaisuudessa.

Haastattelujen pohjaksi luotiin tutkimuksen viitekehyksen perusteella kysymyslista eli haastattelurunko, jota seurattiin haastatteluissa löyhästi kuitenkin aiheessa pysyen. Haastattelujen kysymysrunko esitetään liitteessä 1.

Haastatteluista saadun aineiston analysointi tehtiin sisällönanalyysillä. Sisällönanalyysimenetelmällä pyritään tutkittava aineisto saattamaan tiivistettyyn ja yleistettyyn muotoon. Aineistosta etsitään yhtäläisyyksiä ja eroja tiivistäen mutta informaatio säilyttäen. [Tuomi & Sarajärvi, 2009, s. 103].

4.1 Haastattelujen toteutus

Haastattelujen tarkoituksena oli kerätä ajankohtaista tietoa Väyläviraston asiantuntijoiden ja sopivien sidosryhmien edustajien kokemuksesta elinkaariasioiden huomioiminen nykytilasta tilaajan hanke- ja hankintaprosessissa.

4.1.1 Haastateltavat

Koska työn tarkoituksena oli kehittää tilaajan hankintaprosessia, pyrittiin haastateltavat valitsemaan pääosin tilaajan organisaatiosta siten, että mukana olisi sekä hankinnasta vastaavia, että ylläpidon asiantuntijoita. Tavoitteena oli löytää mahdollisimman monipuolinen otos eri hankkeiden ja hankkeiden eri vaiheiden osajista. Erityisesti haluttiin haastatella silta-asiantuntijoita työn rajauksen vuoksi, mutta myös muita asiantuntijoita kuultiin. Tilaajapuolen haastattelukutsut esitettiin Väyläviraston ja ELY-keskusten edustajille. Lisäksi toivottiin, että työhön saataisiin näkemys myös erilaisten sidosryhmien edustajilta, ja haastattelukutsuja lähetettiinkin urakoitsijoille, suunnittelijoille sekä akateemisen tahon edustajille.

Haastattelukutsu lähetettiin yhteensä 27 henkilölle, joista 17 kanssa sovittiin haastattelusta. Haastattelut järjestettiin mahdollisuuksien mukaan henkilökohtaisina tapaamisina ja puhelinpälavereina. Yksi keskustelu oli ryhmähaastattelu, ja siihen osallistui haastattelijan lisäksi viisi henkilöä. Haastateltavista 12 oli tilaajapuolen edustajia Väylävirastosta, ELY-keskuksesta sekä Helsingin kaupungista. Sidosryhmistä haastattelussa oli edustettuna suunnittelu, urakointi, alan ministeriö sekä akateeminen puoli, joista haastatteluun osallistui yhteensä viisi asiantuntijaa.

4.1.2 Haastattelujen rakenne

Haastattelujen muoto oli puolistrukturoitu teemahaastattelu. Haastattelun kysymysrunko oli pohdittu etukäteen, ja se oli jaettu seuraaviin teemoihin:

- a) Taustatiedot
- b) Elinkaarinäkökulman huomioiminen tällä hetkellä hankkeissa ja hankinnoissa
- c) Elinkaarinäkökulman huomioimisen haasteet
- d) Poliittikka ja yleinen ilmapiiri aiheen ympärillä
- e) Urakamuodon ja hankintamuodon vaikutukset
- f) Kehitysehdotukset

Haastattelukysymykset oli kirjoitettu alustavaan järjestykseen ja muotoon jokaista haastateltavaa ja hänen edustamaansa osaamistaustaa varten. Haastattelun kysymysrunko on esitetty liitteessä 1. Haastatteluissa kysymysten järjestys ja sisältö sekä teemojen painotus kuitenkin vaihtelivat toisiinsa verrattuna riippuen siitä, millainen keskustelu haastattelussa syntyi. Haastatteluissa syntyi paljon spontaaneja lisäkysymyksiä ja keskustelua aihepiiristä.

4.1.3 Haastattelut ja analysointi

Haastattelut olivat henkilökohtaisia tapaamisia, lukuun ottamatta neljää haastattelua, jotka järjestettiin välimatkan vuoksi puhelimitse. Haastattelut järjestettiin huhti- ja toukokuun aikana 2018. Yksi haastattelu toteutettiin viiden henkilön ryhmähaastatteluna, muut yksilöhaastatteluina. Haastateltavat saivat kysymysrunгон etukäteen, jotta he voisivat valmistautua aihepiiriin.

Haastattelut äänitettiin, jotta niiden purkaminen tekstimuotoon onnistuisi jälkikäteen paremmin ja tarkemmin. Haastattelujen aineiston analyysissä käytettiin sisällönanalyysiä, jotta isosta aineistosta saataisiin nousemaan esiin pelkistetyimmässä muodossa aiheen kannalta merkittävät näkökohdat. Haastattelujen tulokset esitetään anonyymisti, mutta kuitenkin siten, että eri osapuolten (tilaaja, urakoitsija, suunnittelu, akateeminen ja poliittinen toimija) voidaan erottaa tarvittaessa toisistaan.

4.2 Haastattelujen tulokset

4.2.1 Elinkaarinäkökulman soveltamisen nykytila

Haastatteluissa kysyttiin, miten haastateltavat ymmärtävät elinkaarinäkökulman. Kaikki vastaajat toivat esiin sekä ympäristönäkökulman että elinkaaritaloudellisuuden. Sosiaalista näkökulmaa ei erikseen maininnut kukaan haastateltavista. Useimmat haastateltavat pitivät ympäristönäkökulmaa ja taloudellisuutta yhtä tärkeinä, mutta kokivat taloudellisten tarkastelujen olevan konkreettisempia hahmottaa. Haastatteluissa nousi esiin myös näiden kahden osittainen ristiriita joissain ratkaisuvaihtoehtoissa; joskus taloudellisuus ajaa ympäristönäkökulman yli ja toisinpäin.

Haastatteluissa vahvistui hypoteesi siitä, että elinkaarinäkökulman erillinen huomioiminen investointihankkeissa ei ole yleistä. Investointihankkeissa mukana olevat haastatellut kokivat, että elinkaarinäkökulman tärkeys tuodaan esiin yleisen tason keskusteluissa ja linjauksissa, mutta käytännössä sitä ei juurikaan sivuta, eikä erillisiä elinkaarilaskelmia tehdä vertailuun. Toisaalta moni haastateltu kertoi luottavansa siihen, että Väyläviraston ohjeet ja toimintalinjat on rakennettu elinkaarinäkökulman ympärille siten, että niitä noudattamalla myös elinkaarinäkökulma tulee ainakin jollain tasolla huomioiduksi. Vastaajat kokivatkin, että elinkaarinäkökulman huomioiminen on osittaista; joitakin elementtejä löytyy, mutta ei kokonaisuutta.

Ylläpidon hankinnan asiantuntijat tilaajapuolella puolestaan kokivat, että elinkaarinäkökulma huomioidaan jo nyt hyvin kaikessa tekemisessä, vaikka siitä ei välttämättä puhutakaan erikseen. Ylläpito perustuu haastateltujen mukaan siihen, että elinkaarinäkökulmaa mietitään oikea-aikaisessa toimenpiteiden suunnittelussa. Toisaalta ylläpitopuolen asiantuntijoiden mielestä yhteistyötä suunnittelupuolen kanssa ei välttämättä tehdä riittävästi, ja elinkaarta pitäisi miettiä jo suunnitteluvaiheessa ylläpidon näkökulmasta.

Urakoitsijat kokivat, että heidän vaikutusmahdollisuutensa elinkaariasioihin hankkeissa ovat vähäiset ja rajoittuvat lähinnä materiaalivalintoihin (voivatko esimerkiksi käyttää uusiomateriaaleja) ja toteutuksen aikataulutukseen ja tehokkuuteen. Urakoitsijan näkökulmasta elinkaariasiat tulee olla huomioitu tuotevaatimuksissa, jolloin tilajaa on pohtinut asiaa jo ennen hankkeen tilaamista, ja urakoitsija toteuttaa tilaajan vaatimukset. Katsottiin myös, että tilaajan urakoitsijoilta vaatimat RALA-pätevyys ja toiminnan sertifiointi (ISO-sertifiikaatit) todentavat urakoitsijan toiminnan elinkaarinäkökulman. Urakoitsijan edustajat myös kokivat, että kestävä kehitys - kustannustehokkuus ja ympäristön huomioiminen - kuuluu rakennusyritysten arvoihin.

Haastatellut asiantuntijat kokivat kaikki tarpeelliseksi ja jopa välttämättömäksi elinkaarinäkökulman huomioimisen hankinnoissa ja hankkeissa. Tilaajaa edustavat haastatellut perustelivat kantaa julkisten varojen vastuullisen käytön näkökulmasta, elinkaaren huomioivan hankkeen kokonaistaloudellisuudella sekä vastuulla ympäristöasioista. Osa vastaajista koki, että varsinkin suurissa hankkeissa elinkaarinäkökulma tulisi ottaa nykyistä paljon enemmän huomioon. Eräs haastatelluista totesi, että elinkaarinäkökulman ei tulisi olla lainkaan erillinen asia, vaan sen pitäisi olla osa kaikkea rakentamista, jo suunnittelusta lähtien, ja pitäisi löytää syvempi ymmärrys siihen, miten elinkaarta ajatellaan.

Urakoitsijan kannalta elinkaaren huomioimisen katsottiin lisäävän kilpailuetua sekä parantavan yrityksen imagoa, ja lisäksi urakoitsijat myös kokevat tehtäväkseen osallistua yhteiskuntavastuun kantamiseen.

4.2.2 Haasteet

Elinkaarinäkökulman huomioiminen koettiin haasteelliseksi useasta syystä. Haastattelussa haasteeksi koetut asiat voidaan jakaa käytännössä viiteen aihealueeseen:

1) Johtaminen

Haastatteluissa kävi ilmi, että tilaajan edustamat asiantuntijat kokivat aiheeseen liittyvän strategian puutteelliseksi ja johtamisen vajavaiseksi. Hankintaprosesseja tulisi kehittää niin, että koko hankintaketju tähtää elinkaaren huomioimiseen suunnittelusta alkaen. Tämä vaatisi strategista johtamista, ohjeiden ja toimintatapojen päivittämistä, sekä oikeanlaista viestintää.

Joskus elinkaaritaloudellinen ratkaisu ja ympäristönäkökulma voivat olla ristiriidassa toisiaan vasten, ja silloin pitäisi tietää linjaus, mitä priorisoidaan. Tähän voidaan vaikuttaa esimerkiksi tulosohjauksella ja ohjeilla.

2) Raha ja kustannukset

Usein haasteita aiheuttavat kustannukset. Haastatellut kokivat, että kustannuksia ajatellaan usein vain investoinnin kannalta sen sijaan, että pohdittaisiin koko elinkaaren aikaisia kustannuksia. Tällöin monesti päädytään investointikustannuksiltaan edullisempaan, mutta ylläpitokustannuksiltaan kalliimpaan vaihtoehtoon. Koska koettiin, että elinkaarinäkökulmaltaan parempi ratkaisu on usein investointivaiheessa kalliimpi, uskottiin, että se on vaikeampi saada toteutettua. Haastatellut myös kokivat, ettei investointikustannuksen lisäystä välttämättä pystytäkään perustelemaan elinkaarietäällisyydellä joko siksi, ettei näyttöä elinkaarietäällisyydestä ole tai siksi, että investointirahat tulevat eri lähteestä kuin elinkaarietäällisyyteen myös vaikuttavat ylläpidon rahat. Isoihin investointeihin voidaan

käyttää budjetissa erikseen määrättyä kehittämisrahaa, mutta ylläpito maksetaan perusväylänpidon budjetista. Tämä kahden rahallähteen ongelma nousi esiin monessa haastattelussa, ja sen uskottiin lisäävän pelkkiin investointikustannuksiin perustuvaa hankintaa.

Ylläpitopuolella rahoituksen määrä voi vaikuttaa siten, ettei oikeanlaista toimenpidettä pystytä tekemään kustannuksen vuoksi, vaan tehdään edullisempia, mutta ajan mittaan riittämättömiä toimenpiteitä, ja ongelmat saattavat kasaantua. Ylläpitopuolella esiin nousi myös pitkäjänteisyyden puute; rahojen käyttöä pitäisi pystyä suunnittelemaan paljon pidemmälle kuin nyt tehdään.

Urakoitsijan kannalta tarjoaminen on jo tällä hetkellä kallista, eikä sillä ole takeita kilpailun voitosta ja siten työn kannattavuudesta. Urakoitsijan osaaminen pitäisi siis saada mukaan jollain tapaa siten, että urakoitsijakin kokee hyötyvänsä siitä.

3) Tieto

Suurena ongelmana nähtiin myös tiedon puute ja laatu. Elinkaarikustannuksia ei ole tutkittu riittävästi ja siten valintojen kustannusvaikutustietoa elinkaaren kannalta ei ole saatavissa tarpeeksi. Elinkaarikustannustieto koettiin spekulatiiviseksi, ja laskentakäytännöt epäyhtenäisiksi. Jälkilaskentaa ei myöskään ole juurikaan tehty, jolloin tiedon luotettavuus koettiin huonoksi. Tiedonkeruu ja tietorekisterit ylipäättään ovat puutteellisia, esimerkiksi rakenteiden kestävyys, riskien arvioinnin ja analysoinnin kannalta. Haastatellut kokivat, että päätöksiä tehdään usein tuntemuksen perusteella, ei tietoon perustuen, ja jälkilaskentaa ja -analyysiä ei tehdä eikä löydy. Päätöksenteon tueksi tarvittaisiin simulointia siitä, millaiset eri suunnitteluratkaisujen vaikutukset esimerkiksi kustannuksiin eri vaiheissa olisivat.

Ongelmaksi koettiin erityisesti rakentamisen uudet ratkaisut, joiden käytöstä ei ole kokemusta eikä tietoa ole kertynyt. Näiden rakenteiden toimivuuden ja kestävyysen enustaminen on hankalaa, ja ylläpito voi osoittautua kalliiksi. Riskittömintä olisi suosia vakiintuneita ratkaisuja.

4) Osaaminen ja resurssit

Haastattelujen mukaan osaamisessa ja resursseissa saattaa olla puutteita omaisuudenhallinnassa, vaikka hankintaosaamisen ja ohjeiden katsottiinkin yleisesti olevan laadukkaita Väylävirastossa. Liiallinen asiantuntemuksen ulkoistaminen tilaajalta on riskialtista hankkeiden onnistumisen kannalta. Yleisesti todettiin, ettei Suomessa tällä hetkellä ole kovinkaan kattavaa omaisuudenhallinnan kokonaisuuteen keskittyvää opinto-suuntaa. Analyttisen osaamisen yhdistäminen insinööriosamiseen koetaan tärkeäksi.

Haastatelussa katsottiin, että jos valintojen tekeminen on monimutkaista ja työlästä, se saatetaan tehdä hutiloiden tai jättää tekemättä. Siksi elinkaarinäkökulman huomioimisen tulisi olla mahdollisimman ohjeistettua, sisäänrakennettua, yksinkertaista ja helppoa, että siitä tulisi vakiintunut käytäntö.

Tällä hetkellä elinkaarikustannusten- ja vaikutusten selvittämiseen ei koeta olevan riittävästi työkaluja eikä resursseja.

5) Yhteistyö ja viestintä

Haastatelussa korostui yhteistyön ja viestinnän merkitys ylipäättään projektien sujumiselle ja elinkaarinäkökulman mahdollistamiselle. Haastatellut kokivat, että vaikka yhteistyön koettiin parantuneen aiemmasta, edelleen jo suunnitteluvaiheessa tulisi paremmin kuulla toteutuksen ja ylläpidon näkökulmaa ratkaisuista, ja eri vaiheiden asiantuntijoiden tulisi olla mukana prosessissa alusta lähtien. Ehdotettiin, että suunnittelijoiden tulisi saada entistä paremmin palautetta suunnitteluratkaisustaan, varsinkin, jos suunnitelmia muutetaan. Lisäksi suunnittelijat voisivat osallistua myös valvontaan. Näin suunnittelijat osallistuisivat koko prosessiin ja mahdollistettaisiin oppiminen.

Lisäksi haastatteluissa nousi esiin viestintä päättäjille, jotta tärkeät ja vaikuttavat asiat pystytään nostamaan aiempaa paremmin esiin, ja siten vaikuttamaan esimerkiksi rahoitukseen. Haastatteluissa nostettiin esiin myös se, että hankkeessa tulisi kulkea koko ajan mukana tieto siitä, että sen suunnittelussa ja toteutuksessa mennään elinkaarinäkökulma edellä ratkaisuihin, jotta se olisi kaikille selvää ja kannustaisi pohtimaan sitä kaikissa vaiheissa.

4.2.3 Hankintamuodon ja hankkeen koon vaikutus

Haastattelussa kysyttiin myös hankkeiden koon ja hankintamuodon vaikutuksista aiheeseen. Osa haastatelluista koki, ettei hankkeen laajuudella ole elinkaarinäkökulman huomioimisen kannalta väliä, osan mielestä taas ehdottomasti on. Moni vastaaja koki, että isoissa hankkeissa resursseja, niin henkilö-, aika- ja kustannusresursseja, on enemmän, jolloin suunnitteluun ja kilpailutukseen voidaan kohdentaa enemmän huomiota. Toisaalta haastatellut olivat sitä mieltä, ettei hankkeen laajuudella saisi olla merkitystä siihen, otetaanko elinkaarinäkökulma huomioon.

Urakkamuodolla ei tilaajan edustajien mukaan ole suurta merkitystä elinkaarinäkökulman huomioimiseen. Useimmat vastaajat suosisivat urakkamuotoja, joissa urakoitsija, suunnittelija ja muut osapuolet voivat osallistua paremmin toteutuksen suunnitteluun. Toisaalta esimerkiksi kokonaisurakka nähtiin toimivana, mikäli tilaaja osaa asettaa oikeat laatuvaatimukset. Yleisesti tilaajan asiantuntemus ja osaaminen nostettiin esiin määrävänä tekijänä enemmän kuin urakan koko tai urakkamuoto. Yhteistyö suunnittelussa nostettiin kuitenkin esiin useimmissa vastauksissa hyvänä asiana, ja ehdotettiin, että nykyisiä kokonaisurakoita voitaisiin kehittää lähemmäs allianssimailmaa lisäämällä vuorovaikutusta eri osapuolten välillä. Varsinaisia elinkaarihankkeita moitittiin nykyisellään liian lyhyistä sopimuskausista, jolloin elinkaariajattelu jää liian lyhyeksi. Myös ylläpidosta vastaavat toimijat tulisi saada mukaan suunnitteluun jo aiemmin, jotta investoinnin ylläpidon aikaiset vaikutukset voitaisiin huomioida jo ennen hankintaa.

4.2.4 Muut haastatteluissa esiin tulleet asiat

Haastateltavat esittivät paljon erilaisia kehitysehdotuksia, joilla elinkaarinäkökulma voitaisiin paremmin huomioida tulevaisuudessa. Jotta elinkaarinäkökulma voitaisiin paremmin ottaa huomioon, tarvitaan selkeä päätös ja tavoitteet asiasta ylemmältä taholta. Päätöksen jälkeen operatiivinen toiminta voi tehdä perusteelliset linjaukset ja ohjeet siitä, kuinka tavoitteisiin päästään. Ohjeiden tulee olla ajan tasalla, sillä suunnittelu nojautuu täysin niihin. Rahoitusmallin muutos nostettiin esiin useassa haastattelussa. Vuosiperusteinen budjet-tirahoitus ei kannusta pitkäjänteiseen suunnitteluun, ja tuo haasteita toiminnan järjestämiseen. Investointi- ja ylläpitorahojen tulisi olla samassa, jotta voitaisiin paremmin huomioida rakentamisen koko elinkaari. Elinkaaren aikaista vuosikustannusta voitaisiin käyttää hankinnan valintaperusteena sen sijaan, että vertaillaan investoinnin kertakustannusta. Tällöin saataisiin todelliset kustannukset ja vaikutukset huomioitua.

Tiedonkeruu olemassa olevasta infrasta on ensiarvoisen tärkeää. Tietoa pitää kerätä, jotta sitä voidaan hyödyntää. Ratkaisujen perusteena tulee käyttää tietoa ja laskelmia, simuloitteja.

Yhteistyön parantaminen hankkeen koko elinkaaren ajalla. Hoidon ja ylläpidon näkemys tulee saada mukaan jo alusta lähtien, ja suunnittelijoiden osaamista kasvatetaan palautteella ja osallistamalla heidät myös valvontaan.

Urakoitsijan voitaisiin saada paremmin mukaan elinkaarinäkökulman huomioimiseen kannustimilla, antamalla vapauksia suunnitteluun ja toteutukseen sekä uusien materiaalien ja rakenneratkaisujen käyttöön. Ylläpitourakoissa elinkaari tulee huomioiduksi urakoitsijan kannalta paremmin, jos ylläpitojakso on riittävän pitkä.

Haastatteluissa nousi vahvasti esiin tilaajan ainutlaatuiset vaikutusmahdollisuudet koko prosessissa; tilaaja hankkii suunnittelun ja kilpailuttaa hankkeen, sekä tekee päätökset. Tilaajalla tulee olla tahtoa, näkemys ja ohjauskeinot elinkaarinäkökulman huomiointiin.

4.2.5 Ehdotukset

Haastattelussa nousi esiin viisi suurinta haastetta, jotka vaikuttavat negatiivisesti tai estävät kokonaan elinkaarinäkökulman huomioimisen. Kehittämissuhteet on tehty teemoittain näiden haasteiden voittamiseksi.

1) Johtaminen

Viraston *strategia* ohjaa hankintoja. Elinkaarinäkökulma tulisi näkyä vahvemmin jo strategisella tasolla, ja sen tulisi ohjata päätöksentekoa. Jos elinkaarinäkökulman huomioiminen nostettaisiin esiin strategiassa, ja sille asetettaisiin selkeät tavoitteet, esimerkiksi elinkaarilaskennan käytön vaatiminen hankintojen yhteydessä olisi helpompaa. Myös esimerkiksi hiilidioksidipäästötietojen vaatiminen voisi olla hankintaperusteissa hankintoja tehtäessä, jotta urakoitsijaa voitaisiin kannustaa päästöjen vähentämiseen. Lisäksi elinkaarinäkökulman huomioimisen mahdollisesti aiheuttamat ristiriidat tulee linjata etukäteen niin, että tiedetään, millaisia päätöksiä voidaan hanketasolla tehdä. Siksi myös ohjeistus ja johtaminen ovat tärkeässä asemassa elinkaarinäkökulman huomioimisen edistämiseksi.

2) Raha ja kustannukset

Parlamentaarisen työryhmän ehdottama *rahoitusmalliuudistus* mahdollistaisi pitkäjänteisemmän rahojen käytön suunnittelun, ja helpottaisi elinkaarinäkökulman huomioimista hankintaprosessissa.

Valtion tarkastusvirasto totesi vuonna 2014 Liikenne- ja viestintäministeriön ohjausjärjestelmiä koskevassa tuloksellisuustarkastuksessaan, ettei väylänpitoon myönnettyjen rahojen nykyinen budjetointitapa, talousarviorakenne ja sen laatimiskäytäntö, tue varojen kohdentamiseen tarvittavaa kokonaistarkastelua [Hoikkala et al. 2014, s. 7]. Liikenne- ja viestintäministeriö asetti vuonna 2017 parlamentaarisen liikennetyöryhmän luomaan suunnitelma väyläverkon kehittämiselle ja rahoitukselle. Työryhmän tarkoituksena oli muun muassa esittää kehitysehdotus talousarviomenettelyyn. [Hoikkala, 2017. s. 2]. Parlamentaarinen työryhmä esitti vuoden 2018 alussa, että liikenneverkkoa kehitettäisiin ja kunnossapidettäisiin 12-vuotisen liikennejärjestelmäsuunnitelman mukaisesti nykyisen lyhytjänteisen politiikan sijaan, ja että rahoitusta kasvatettaisiin. Samalla työryhmä myös ehdotti, että nykyisten väylä- ja ratamaksujen rinnalle voitaisiin tuoda rahoitusta hankekohtaisten yhtiöiden avulla. Hankeyhtiörahoituksen katsotaan nopeuttavan suurten infrahankkeiden toteutukseen lähtöä ja edesauttavan tehokkaampaa toteutusta. Hankeyhtiöiden omistajia voisivat esityksen mukaan olla valtion lisäksi esimerkiksi eri yritykset tai eläkeyhtiöt. Hankeyhtiömallia on käytetty muissa Pohjoismaissa menestyksekkäästi. [LVM, 2018/2].

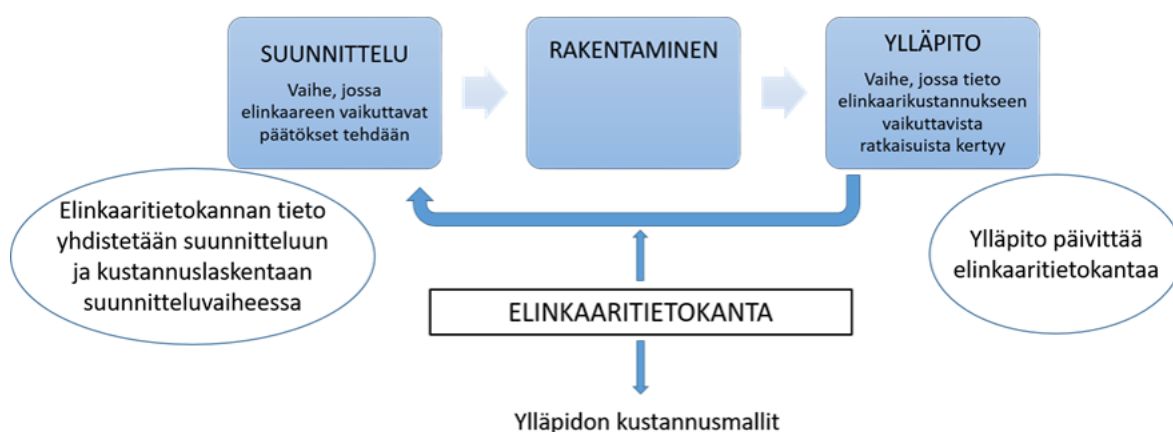
3) Tieto

Hankkeen tilaajalla tulee olla riittävä tieto eri vaihtoehtoista sekä niiden aiheuttamista kustannuksista ja mahdollisista kustannussäästöistä. Siten tilaaja tietää, millaiset kustannusvaikutukset hänen tekemillään päätöksillä on, ja hankkeen talouden hallinta on mahdollista. *Elinkaarilaskenta* mahdollistaa kustannusvaikutusten arvioinnin. Tilaaja voi käyttää elinkaarilaskenta hankkeen eri vaiheissa, esimerkiksi suunnitteluratkaisujen vertailussa, toteutusmuotoa valittaessa ja urakkatarjousten vertailussa [Pulakka et al. 2007. ss. 9-10]. Elinkaarilaskenta konkretisoisi myös elinkaarinäkökulman huomioimisen helpommin ymmärrettäväksi ja käsiteltäväksi osaksi hankinnan prosessia, ja siksi sen kehittäminen olisi askel eteenpäin elinkaariasioiden saamiseksi mukaan hankintaprosessiin. Elinkaarilaskenta voitaisiin ottaa mukaan hankintoihin portaittain kolmessa vaiheessa:

1. Tietoisuuden lisääminen elinkaarikustannuslaskelmilla ja -arvioilla
2. Elinkaaritaloudellisuuden hyödyntäminen suunnitteluvaiheessa ja
3. Urakkakilpailutus elinkaaritaloudellisuuteen perustuen.

Ensimmäisessä vaiheessa elinkaarilaskentaa alettaisiin tekemään systemaattisesti, sovitusta hankkeista, jolloin laskentamenetelmää voitaisiin testata ja kehittää kevyesti, sisältö ensisijaisena. Täten lisättäisiin tietoisuutta elinkaarilaskennasta ja tavoitteena olisi tiedon kerääminen, eikä laskemilla välttämättä olisi vielä suoraa vaikutusta hanke- ja hankintaprosessiin. Jos Väylävirasto tekee strategisen päätöksen elinkaarilaskennan käyttöönotosta, voitaisiin siirtyä seuraavaan vaiheeseen laskelmien ja elinkaariarvioiden teossa. Tässä vaiheessa elinkaaritaloudellisuutta käytettäisiin jo suunnitteluratkaisujen valinnassa, ja elinkaaritehokkaat ratkaisut siirtyisivät urakan kilpailutuksen asiakirjoiksi ja valintakriteereiksi. Kolmannessa ja lopullisessa vaiheessa hankkeiden kilpailutus tapahtuisi elinkaaritaloudellisuuden perusteella. Elinkaarilaskenta tulisi ottaa mukaan ainakin suuriin hankkeisiin, mutta tulisi selvittää tarkemmin, onko elinkaarilaskenta tarpeellista kaiken kokoisissa hankkeissa, tai voitaisiinko käyttää eri tasoisia tarkasteluja eri kokoisissa hankkeissa. Tämä vaatii jatkoselvitystä.

Elinkaaren aikana syntyvät kustannukset ja suunnitelmien vaikutukset eivät haastattelututkimuksen perusteella aina välity riittävästi rakentamisesta ja ylläpidosta suunnittelijalle. Suunnittelijan voi siten olla vaikeaa suunnitella elinkaarinäkökulmasta tehokasta lopputuotetta. Tiedon pitäisi kertyä ja tallentua ylläpidossa paremmin, ja sitä pitäisi pystyä siirtämään prosessin alkuvaiheeseen, eli käytettäväksi jo suunnitteluvaiheessa. Ratkaisu tiedon keräämiseen ja siirtymisen helpottamiseen voisi olla *elinkaaritietokanta*, johon kerättäisiin tietoa tekijöistä, jotka liittyvät elinkaarikustannusten syntyyn ja kerääntymiseen. Alan toimijoiden tulee yhdessä määrittää, mitä elinkaaritietokannan tulisi sisältää, mutta ainakin tietokannassa voisi olla infran osien käyttöiät, ylläpidon ja kunnossapitotoimien syklit sekä huoltotoimenpiteiden sallitut viivästymät. Elinkaaritiedon yhdistäminen standardoituun kustannustietoon mahdollistaisi elinkaarikustannusten suunnittelun ja vertailun eri toteutusvaihtoehtojen välillä jo varhaisessa vaiheessa hanketta ja loisi luotettavat kustannusmallit infran ylläpidolle. Elinkaaritietokantaa on havainnollistettu seuraavassa kuvassa (Kuva 19).



Kuva 19. Elinkaaritietokanta linkittää tiedon keruun sen hyödyntämiseen suunnitteluvaiheessa.

Elinkaarinäkökulman kannalta olisi myös tärkeää arvioida *hiilidioksidipäästöjen syntymistä*, ja pyrkiä ottamaan päästölaskenta mukaan hankintaprosessiin. Ihanteellista elinkaarilaskennan yleistymisen ja standardoidun laskentamenettelyn synnyn kannalta olisi, jos

elinkaariarvioinnin tueksi voitaisiin kehittää *elinkaariarviointityökalu*, joka yhdistäisi kustannuslaskennan elinkaaritietokannan tietoon ja suunnitteluun sekä päästölaskentaan. Työkalun pitäisi olla riittävän helppokäyttöinen ja mielellään osa muutenkin tehtävää suunnittelu- ja kustannushallintatyötä, jotta sen käyttö yleistyisi, tämä kävi hyvin esille myös haastatteluissa. Aiemmin on osoittautunut, että esimerkiksi Excel-laskentataulukkoon tehtävät elinkaarilaskurit eivät ole päässeet yleiseen käyttöön johtuen ehkä siitä, että ne joudutaan tekemään erikseen ja muun työn lisäksi, jolloin ne koetaan vaivalloisena käyttää. Excel-taulukon ongelma on myös siinä, etteivät kustannukset päivitty siihen systemaattisesti, vaan niiden ajantasaisuus tulee tarkistaa ja ne tulee päivittää aina käsin erikseen. Kustannustiedon tulee olla ajantasaista, jotta se on luotettavaa.

4) Osaaminen ja resurssit

Ainakin aluksi, ennen kuin elinkaarilaskenta on saatu sisäänajattua luontevaksi osaksi tilaajan käytänteitä, laskenta tuottaa lisätyötä ja vaatii uusien työvaiheiden sisäistämistä ja hoitamista. Erillisen elinkaaren huomioimiseen keskittyvän asiantuntijan käyttö voisi olla perusteltua hanke- ja hankintaprosessin tukena. *Elinkaariasiantuntijan käyttäminen* prosessien tukena auttaisi muuta henkilöstöä huomaamaan ne tilanteet, joissa elinkaarinäkökulmaa tulee erityisesti huomioida ja estäisi elinkaarinäkökulman huomioimisen kaatumisen resurssipulaan. Elinkaariasiantuntija voisi alkuun toimia tilaajan tukena prosessien luomisessa ja myöhemmin esimerkiksi suurten hankkeiden elinkaarikoordinaattorina. Talonrakennuksen elinkaariasiantuntijan tehtäväkuvaus on määritelty RT-kortissa 10-11291, Elinkaariasiantuntijan tehtäväluettelo. Elinkaariasiantuntija toimii hankkeissa tilaajan tukena asiantuntijatehtävissä yhteistyössä muiden asiantuntijoiden, kuten suunnittelijoiden kanssa, eikä vastaa päätöksenteosta [Rantanen, 2010. s. 46]. Vastaava elinkaariasiantuntijan roolin pohtiminen ja määrittäminen olisi hyvä tehdä myös infrarakentamisen elinkaariasiantuntijan tehtävästä.

5) Yhteistyö ja viestintä

Kilpailutusta kehittämällä voidaan saada hankkeen eri osapuolet paremmin mukaan prosessiin ja siten parantaa elinkaaritiedon kertymistä ja tiedonkulkua. Uudet hankintamuodot, joista on kerrottu luvun 3.3 lopussa (kKU ja STk), mahdollistavat erityisesti urakoitsijan paremman osallistamisen hankeprosessiin. Lisäksi elinkaaritietokannan, ja mahdollisesti myöhemmin myös elinkaariarviointityökalun, kehittäminen tukisivat suunnitteluvaiheen tiedonsaantia.

Tässä tutkimuksessa jatkoselvitys kohdistettiin elinkaarilaskennan tutkimiseen ja investoinnin hiilidioksidipäästöjen selvittämiseen siltakohteessa. Laskennan testaaminen on esitetty seuraavassa luvussa (luku 5).

5 Menetelmän soveltaminen

5.1 Elinkaarilaskennan testaaminen

Siltojen elinkaarilaskentaa on tutkittu ja selvitetty jo Tiehallinnon ja Liikenneviraston aikoina. Liikenneviraston toimesta on julkaistu myös Siltojen elinkaarikustannusten laskentaohje vuonna 2010. Toistaiseksi elinkaarikustannuslaskelmia ei kuitenkaan ole vaadittu esimerkiksi hankintapäätöksen teon yhteydessä tai käytetty systemaattisesti kilpailutuksen apuna. Tässä tutkimuksen osassa haluttiin testata, miten elinkaarilaskin voisi toimia, mitä tulee ottaa huomioon, ja mitä tietoa on jo laskelmien tekemiseksi saatavilla. Samalla haluttiin tutkia, mitä tietoa laskennan tueksi vielä tarvittaisiin lisää, jotta laskennasta saataisiin luotettavaa.

Elinkaarilaskentaa simuloitiin esimerkkisillalla. Sillaksi valittiin todellinen kohde, josta oli saatavilla sillan rakennepiirustukset, massaluettelot, liikennemäärät sekä nopeusrajoitustiedot. Siltapaikalle oli suunniteltu sekä betonisilta- että terässiltavaihtoehto, jolloin laskelmassa päästiin vertailemaan sekä investointi- että hoito- ja ylläpitovaiheiden kustannuseroja eri toteutusvaihtoehdoille. Laskelmat ovat kuitenkin suuntaa-antavat ja perustuvat osin teoreettisiin hoito- ja ylläpitosuunnitelmiin, eikä niitä voi suoraan soveltaa käytäntöön tai verrata todellisiin, toteutuneisiin kustannuksiin.

Elinkaarikustannuslaskennan testaamisen tavoitteena oli:

1. Testata diskonttauksen, eli nykyarvoistuskoron vaikutusta elinkaarikustannuksiin toisella toteutusvaihtoehdoista, tässä terässillalla.
2. Verrata eri toteutusvaihtoehtojen investointi- ja hoito- ja ylläpitovaiheen kustannuksia, eli tehdä toteutusvaihtoehdoille elinkaarikustannusarviot.
3. Löytää tärkeimmät kustannusten lähteet sillan elinkaaren aikana
4. Hahmotella rakentamisessa syntyvien hiilidioksidipäästöjen määrä ja verrata kahden toteutusvaihtoehdon eroja CO₂-päästöjen osalta.

Silloille määriteltiin teoreettiset, toteutusvaihtojen mukaiset hoito- ja ylläpitosuunnitelmat. Suuri osa sillan kustannuksista muodostuu sillan peruskorjauksista, joita yleensä elinkaaren aikana tehdään sillalle kaksi. Elinkaarilaskenta jaettiin kustannusten muodostumisen mukaan ryhmiin investointikustannuksiin, hoidon kustannuksiin ja ylläpidon kustannuksiin. Laskelmissa otettiin huomioon hoito- ja ylläpitotoimien aiheuttamat liikennehaitat, ja niiden kustannukset.

Laskenta aloitettiin investointilaskelmilla, jotka toteutettiin kustannuslaskentaohjelma Fore:lla. Fore-ohjelmiston kustannukset ovat standardikustannuksia, eli hinnasto perustuu vakioituihin ja säännöllisesti ylläpidettäviin, luotettaviin kustannustietoihin. Standardi määrittää laskennan kohteen tavoitekustannustason [Heikkilä, 2005. s. 25]. Investointilaskelmien rakennusosaraportit siltatyypeittäin on esitetty liitteessä 3. Investointilaskelmat tehtiin hankeosatasoisina ja tarkennettiin määräluetteloiden avulla rakennusosalaskelmaksi. Siltojen vuotuiset hoitokustannukset laskettiin hankeosamallilla Fore:lla. Hoitokustannukset eivät sisällä talvihoitoa. Ylläpitolaskelmien tueksi laadittiin asiantuntijaopastuksella sillan ylläpitosuunnitelma sadan vuoden elinkaaren ajaksi. Osa ylläpitokustannuksista on peräisin Fore-ohjelmasta ja osa on likimääräisiä asiantuntija-arvioita. Siltojen eliniäksi asetettiin 100 vuotta, jonka jälkeen ne ajateltiin purettavan. Purkukustannuksia ei ole laskettu mukaan. Jäännösarvona terässillalle on teräksen myyntihinta, ja betonisillan jäännösarvoksi oletettiin nolla.

Hoito- ja ylläpitotoimien liikennehaittakustannukset laskettiin erikseen. Sillan korjaustyön toteuttaminen aiheuttaa usein poikkeuksia liikenteen järjestämisessä ja siten liikennehaitan. Liikennettä voidaan ohjata nopeusrajoituksin, valo-ohjauksella tai kiertotievaihtoehdolla sen mukaan, mikä vaihtoehto on kullekin toimenpiteelle ja siltapaikalle toteutuskelpoisin. Liikennehaitta aiheuttaa liikennehaittakustannuksen, johon vaikuttaa esimerkiksi sallittu nopeus tiellä, nopeusrajoitus tai kiertotiellä sallittu nopeus, rajoitetun alueen pituus, valo-ohjauksen aiheuttama odotusaika, rajoituksen päivittäinen ja kokonaiskesto-aika sekä liikennemäärä. Tässä työssä liikennehaitan laskentaan on käytetty Tiehallinnon vuoden 2008 selvityksen mukaisia laskentakaavoja, jotka ovat erilaiset nopeusrajoitukselle, valo-ohjaukselle sekä kiertotielle. Laskentakaavat on esitetty liitteessä 2. [Tiehallinto, 2008, s. 51].

Elinkaaren taloudellisuutta tutkittiin nykyarvolaskelmalla. Isojen investointien tarkastelu voitaisiin tehdä myös kannattavuuslaskelmana (hyöty-kustannus -analyysi), mutta tässä tapauksessa vertailtiin kahta saman tyyppistä vaihtoehtoa eli siltaa, eikä esimerkiksi lossin ja sillan välistä valintaa, ja siten vaihtoehtojilla ei ole suuria ajokustannusvaihteluja, joten laskenta tehtiin nykyarvomenetelmällä. Laskelmille tehtiin herkkyystarkastelu tutkimalla diskonttokoron vaikutusta kustannusten osatekijöihin. Tiehallinnon aikoinaan määrittelemä ohje on, että diskonttokorkoprosentti on 5 % mikäli tarkasteluaika on 10-40 vuotta, ja sitä pidemmälle tarkasteluvälille voidaan käyttää 2 %:n korkoa. Diskonttokoron ei tulisi olla alle 2 %. [Tiehallinto, 2008/2. s. 8]. Tutkimuksessa tehtiin diskonttokoron vaikutuksen arviointi 0, 3 ja 6 % koroilla sekä lisäksi vielä suositellulla 2 % korolla.

Nykyarvolaskenta on tarkastelu, jossa yhteenlasketut hankintakustannukset ja tulevaisuudessa toteutuvat käyttökustannukset diskontataan nykyarvotekijän avulla nykyarvoksi. Kunkin vuoden nimelliskustannus kerrotaan nykyarvotekijällä (Kaava 1):

$$\frac{1}{(1+r)^t} \quad (1)$$

Nykyarvotekijän kaavassa r on diskonttauskorko ja t kustannuksen syntyvuosi. Elinkaaren kannalta edullisin vaihtoehto on se, jossa yhteenlasketut, nykyarvoistetut kustannukset ovat pienimmät. [Tiehallinto, 2008/2. s. 12].

Sillan toteutusvaihtoehtojille laskettiin myös karkeat arviot niiden rakennusmateriaalien aiheuttamista hiilidioksidipäästöistä. Väylävirastolle tehdyn selvityksen mukaan [Aulakoski et al. 2013. ss. 18-20] eritasoliittymän rakentamisessa 95 % CO₂-päästöistä muodostuu betonista, teräksestä, asfaltista, työkoneista ja kuljetuksista. Asfaltin, betonin ja teräksen osuus kokonaispäästöistä on 61 %. Siltojen osalta nämä materiaalit kuitenkin tuottavat peräti 95 % kokonaispäästöistä, joten vertaamalla siltavaihtoehto päämateriaalien tuottamia päästöjä päästään riittävään tarkkuuteen päästöjen syntymisen määrässä eri toteutusvaihtoehtojilla. Kuljetusta ja työkoneita ei siten otettu tässä tarkastelussa mukaan. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 1) on kuvattu Väyläviraston selvityksessä määritetyt päästöt lähteen mukaan.

Päästölaskenta on laskettu yksinkertaisen periaatteen mukaan siten, että kullekin panokselle on selvitetty päästökerroin, joka kertoo yhden käytetyn materiaaliyksikön aiheuttaman CO₂-päästömäärän (CO₂-kg/materiaali-yksikkö). Päästökertoimet on määritetty Rapal Oy:n ja VTT:n yhteishankkeessa vuosina 2009-2010. [Aulakoski et al. 2013]. Päästökertoimia on lisäksi tarkennettu vuoden 2018 tutkimuksessa. Panosten, eli materiaalien määrä on otettu sillalle sen suunnitelma-asiakirjoihin kuuluvasta määräluettelosta. Päästölaskennassa ei ole huomioitu kuin rakentamiseen tarvittavien materiaalien aiheuttamat päästöt. Elinkaartarkastelussa tulisi kuitenkin huomioida myös koko elinkaarenaikaiset päästöt, mukaan lu-

kien liikennehaittojen, kuten pysähtelyn ja kiihdytysten aiheuttamat päästölisäykset. Elin-
kaaren aikaisten päästöjen laskeminen vaatii vielä lisäselvityksiä ja tutkimusta sekä lasken-
tamenetelmän standardointia, jotta se voitaisiin tehdä luotettavasti ja vertailukelpoisesti.

*Taulukko 1. Eritasoliittymän rakentamisen päästöjen synty rakennusosien mukaan jaoteltuna (InraRYL 100-
taso), (Lähde: Aulakoski et al. 2013, s. 20).*

Luokka	kgCO ₂ 20000- 29999 Koneet	kgCO ₂ 30000- 39999 Kuljetukset	kgCO ₂ 40000- 50000 Materiaalit	kgCO ₂ Yhteensä	
Sillat 4200	50 301	91 644	2 843 475	2 985 000	27,9 %
Pohjarakenteet 1400	49 108	2 345	1 911 035	1 962 000	18,3 %
Päällysrakenteen osat ja radan alusrakennekerrokset 2100	291 470	378 950	1 133 016	1 803 000	16,8 %
Maaleikkaukset ja -kaivannot 1600	239 313	851 764	5 151	1 096 000	10,2 %
Kallioleikkaukset, -kaivannot ja -tunnelit 1700	369 941	527 387	0	897 000	8,4 %
Perustusrakenteet 1300	8 397	38 763	518 361	566 000	5,3 %
Penkereet, maapadot ja täytöt 1800	101 583	205 255	106 847	414 000	3,9 %
Olevat rakenteet ja rakennusosat 1100	116 609	137 254	351	254 000	2,4 %
Vesihuollon järjestelmät 3100	18 506	3 410	218 054	240 000	2,2 %
Turvallisuusrakenteet ja opastus- järjestelmät 3200	20 204	5 414	116 766	142 000	1,3 %
Kasvillisuusrakenteet 2300	50 480	16 140	47 953	115 000	1,1 %
Reunatuot, kourut, askelmat ja eroosiosuojaukset 2200	10 902	17 403	71 976	100 000	0,9 %
Sähkö-, tele- ja konetekniset järjestelmät 3300	10 562	13 923	73 303	98 000	0,9 %
Perustus- ja tukirakenteet 4400	26 097	6 557	25 933	59 000	0,6 %
Rakennelmat ja kalusteet 4600	188	51	1 300	2 000	0,02 %
Yhteensä	1 363 661	2 296 259	7 073 521	10 712 000	
	12,7 %	21,4 %	66,0 %		

5.2 Laskentatestin tulokset ja pohdinta

Edellisessä luvussa asetettiin neljä tavoitetta testaamiselle. Testauksen tulokset on esi-
tetty alla tavoite kerrallaan. Liitteet 3-6 liittyvät laskennan tuloksiin. Liitteessä 3 on esitetty
Fore rakennusosalaskentarataportit investointikustannuksista ensin teräsrakenteiselle sillalle,
sitten betonisillalle. Liitteessä 4 on taulukkona siltojen vuosittainen hoitosuunnitelma mo-
lemmille siltatyypeille sekä hoidon ja sen aiheuttamien liikennehaittojen kustannukset. Liit-
teissä 5 ja 6 on esitetty ylläpidon suunnitelmat taulukkoina. Taulukoista voi nähdä, mille
vuosille esimerkiksi peruskorjausten ja ylläpitokorjausten on ajateltu ajoittuvan, ja millaisia
kustannuksia niistä ja niiden aiheuttamista liikennehaitoista muodostuu tämän hetken hinta-
tasossa.

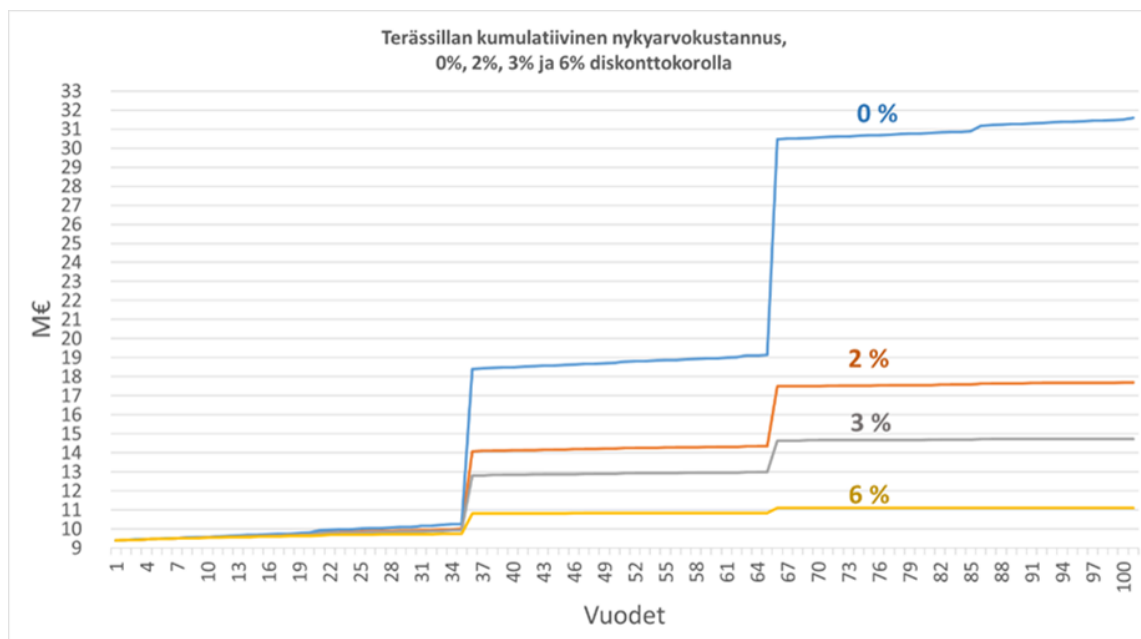
Nykyarvoistuskoron vaikutus elinkaarikustannuksiin

Diskonttokoron muuttamisen vaikutusta testattiin toiselle toteutusvaihtoehdolle, eli terässiltavaihtoehdolle. Kaikki kustannuserät laskettiin niiden syntymisvuoden mukaisesti eri korkokannoilla, ja koottiin taulukkoon (Taulukko 2). Taulukosta nähdään, että alkuinvestointi, eli sillan rakentamiskustannukset pysyvät samana riippumatta korkokannasta, sillä alkuinvestointi tapahtuu ensimmäisenä vuotena, jolloin se on jo valmiiksi nykyarvossa. Taulukosta voidaan myös havaita, että elinkaaren aikainen kokonaiskustannus on suurin nolllakorolla, ja pienenee diskonttokoron suurentuessa. Edelleen havaitaan, että koska alkuinvestointi pysyy samana, mutta elinkaaren aikana tapahtuvien hoito- ja ylläpitotoimien kustannus pienenee korkokannan kasvaessa, rakennuskustannusten merkitys kasvaa sitä suuremmaksi elinkaarikustannuksissa, mitä suuremmaksi korko kasvaa. Tämä tarkoittaa, että kustannuksia kannattaisi siirtää tulevaisuuteen alkuinvestoinnin sijaan, koska niiden merkitys nykyarvossa on pienempi. Tällöin kustannussuunnittelun paine siirtyisi alkuinvestointiin.

Taulukko 2. Diskonttauskoron vaikutus kustannuseriin terässillan elinkaarilaskelmassa.

TERÄSSILTA				
DISKONTTAUSKORKO	0 %	2 %	3 %	6 %
ALKUINVESTOINTI				
rakentamiskustannukset	9 405 036 €	9 405 036 €	9 405 036 €	9 405 036 €
KUNNOSSAPITO				
Hoito	1 928 080 €	836 413 €	613 993 €	322 957 €
Ylläpito	19 852 338 €	7 251 447 €	4 579 256 €	1 333 472 €
Kunnossapitokulut yhteensä	21 780 418 €	8 087 861 €	5 193 248 €	1 656 429 €
LIIKENNEHAITTAKUSTANNUKSET				
Hoito	156 940 €	62 199 €	43 772 €	20 937 €
Ylläpito	458 047 €	172 598 €	110 392 €	33 134 €
Liikennehaittakulut yhteensä	614 987 €	234 798 €	154 164 €	54 071 €
JÄÄNNÖSARVO (100v)				
Teräksen myyntitulo	-200 000 €	-27 607 €	-10 407 €	-589 €
KOKONAISKUSTANNUS, nykyarvoistettu	31 600 441 €	17 700 088 €	14 742 041 €	11 114 946 €

Nykyarvoistukseen käytettävän koron suuruuden vaikutusta on havainnollistettu seuraavassa kuvaajassa (Kuva 20). Kuvaajassa on esitetty sillan elinkaari, 100 vuotta x-akselilla, ja y-akselilta näkyvät elinkaarikustannukset nykyarvoistettuna eri diskonttokoroilla sekä 0-korolla. Kustannusten kumulatiivinen kertyminen osoittaa, miten kustannukset muodostuvat hyppäyksittäin elinkaaren aikana, johtuen suurista peruskorjauksista, joita esimerkkisillalle on arvioitu tehtävän kaksi kappaletta.



Kuva 20. Terässillalle lasketut kumulatiiviset nykyarvokustannukset eri diskonttokorkoja käyttäen.

Toteutusvaihtoehtojen kustannuserot ja tärkeimmät kustannuslähteet

Kustannuserojen vertailussa käytetään suositeltua 2% tarkastelukorkoa. Kustannukset on koottu toteutusmuodoittain (teräs, betoni) alla olevaan taulukkoon (Taulukko 3).

Taulukko 3. Toteutusvaihtoehtojen kustannukset 0 % ja 2 % korkokannoilla.

	TERÄSSILTA	BETONISILTA	TERÄSSILTA	BETONISILTA
DISKONTTAUSKORKO	2 %	2 %	0 %	0 %
ALKUINVESTOINTI				
rakentamiskustannukset	9 405 036 €	7 042 836 €	9 405 036 €	7 042 836 €
KUNNOSSAPITO				
Hoito	836 413 €	828 817 €	1 928 080 €	1 910 080 €
Ylläpito	7 251 447 €	5 061 169 €	19 852 338 €	15 118 838 €
Kunnossapitokulut yhteensä	8 087 861 €	5 889 986 €	21 780 418 €	17 028 918 €
LIIKENNEHAITTAKUSTANNUKSET				
Hoito	62 199 €	57 813 €	156 940 €	145 766 €
Ylläpito	172 598 €	172 598 €	458 047 €	458 047 €
Liikennehaittakulut yhteensä	234 798 €	230 411 €	614 987 €	603 814 €
JÄÄNNÖSARVO (100v)				
	-27 607 €	0 €	-200 000 €	0 €
KOKONAISKUSTANNUS, nykyarvoistettu	17 700 088 €	13 163 233 €	31 600 441 €	24 675 568 €

Vertailun vuoksi taulukossa on esitetty myös laskelmat nollakorolla, eli sillä kustannuksella, joka aiheutuisi, jos kaikki suunnitellut työt ja toimenpiteet tehtäisiin tässä hetkessä. Koska elinkaariedullisin ratkaisu on se, joka diskontattuna on pienin kokonaiskustannuksiltaan, päädytään laskelmissa siihen, että betonisilta on elinkaariedullisempi. Sen elinkaarikustannukset ovat noin 13,1 miljoonaa euroa, ja 75 % vastaavan terässillan kustannuksista, jotka ovat noin 17,7 miljoonaa euroa. Hoidon kustannukset ovat lähestulkoon samat eri toteutusvaihtoehtojen kanssa, noin 830 000 euroa elinkaaren aikana. Ylläpito on betonisillalle edullisempaa tämän tarkastelun perusteella. Betonisillan ylläpitokulut (5 milj. €) ovat noin 70 % terässillan ylläpitokuluista (7,2 milj. €). Terässillan myyntituloilla ei ole kokonaissuuden kannalta juurikaan merkitystä kustannusmielessä, sillä nykyarvoistettuna myyntituloina saadaan vain noin 27 600 euroa, mikä on vajaan 18 miljoonan euron kokonaiskustannuksesta hyvin.

pieni osa. Ekologisuusnäkökulmasta on kuitenkin hyvä pohtia materiaalien uusiokäyttömahdollisuutta jo ennen rakentamispäätöstä. Hoidon ja ylläpidon aikaiset liikennehaittojen aiheuttamat kustannukset ovat molemmille siltatyypeille lähestulkoon samat, noin 230 000 euroa.

Eri kustannuslähteiden suhteellinen osuus kokonaislinkaarikustannuksesta on kuvattu seuraavassa taulukossa (Taulukko 4). Kustannukset jakautuvat siltatyypeillä hyvin samankaltaisesti. Elinkaarikustannuksen suurimmat kustannuserät molemmilla siltatyypeillä muodostuvat investointikustannuksesta. Terässillalla tämä muodostaa 53 % kokonaiskustannuksesta ja betonisillalla lähes saman verran, eli 54 %. Toiseksi suurin kustannuserä on ylläpito, johon kuluu terässillalla 41 % kustannuksista ja betonisillalla 38 %. Hoidon osuus on molemmissa toteutusmuodoissa noin viiden prosentin luokkaa. Liikennehaittakustannus on melko marginaalinen kulu kokonaiskustannuksista; terässillalla se aiheuttaa noin 1 % ja betonisillalla 2 % kuluista. Liikennehaittakulut muodostuvat lähinnä ylläpitotoimista, sillä ne ovat pitkäkestoisia ja aiheuttavat täten jopa kuukausien nopeusrajoituksia siltapaikalla. Tässä tutkimuksessa liikennehaitat oletettiin muodostuvan nopeusrajoitusten laskusta, ja ne on laskettu liitteessä 2 esitetyllä kaavalla jokaisen liikennehaitan aiheuttavan toimenpiteen yhteydessä.

Taulukko 4. Kustannusten suhteellinen osuus kokonaislinkaarikustannuksesta.

	TERÄSSILTA	%-osuus kokonaiskustannuksesta	BETONISILTA	%-osuus kokonaiskustannuksesta
DISKONTTAUSKORKO	2 %		2 %	
ALKUINVESTOINTI				
rakentamiskustannukset	9 405 036 €	53 %	7 042 836 €	54 %
KUNNOSSAPITO				
Hoito	836 413 €	5 %	828 817 €	6 %
Ylläpito	7 251 447 €	41 %	5 061 169 €	38 %
Kunnossapitokulut yhteensä	8 087 861 €	46 %	5 889 986 €	45 %
LIIKENNEHAITAKUSTANNUKSET				
Hoito	62 199 €	0 %	57 813 €	0 %
Ylläpito	172 598 €	1 %	172 598 €	1 %
Liikennehaittakulut yhteensä	234 798 €	1 %	230 411 €	2 %
JÄÄNNÖSARVO (100v)				
	-27 607 €	0 %	0 €	0 %
KOKONAISKUSTANNUS, nykyarvoistettu	17 700 088 €		13 163 233 €	

Rakentamisvaiheen materiaalien aiheuttama hiilidioksidipäästö määrä

Hiilidioksidipäästöt laskettiin luvussa 5.1 kuvatulla menetelmällä kertomalla rakennusmateriaalille määritetty päästökerroin panoksen määrällä. Päästöt laskettiin suurimmille päästön aiheuttajille, betonille, teräkselle ja asfaltille molemmissa toteutusvaihtoehdoissa. Laskennan tulokset on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 5). Taulukkoon on myös liitetty materiaalille käytetty päästökerroin, joka kertoo, kuinka monta kilogrammaa hiilidioksidia muodostuu yhtä panosyksikköä kohti. Päästökertoimet ovat selkeästi suurimmat betonituotteille. Seuraavaksi suurimmat päästökertoimet ovat asfalttipäällysteille ja teräksen kertoimet ovat pienimmät.

Taulukko 5. Eri toteutusvaihtoehtojen rakennusmateriaalien tuottamat CO₂-päästöt.

	CO ₂ kg/yks	TERÄSSILTA			BETONISILTA		
betoni yht		2 746	m ³ rtr		5 318	m ³ rtr	
C30/37	295	663	m ³ rtr		811	m ³ rtr	
C35/45	335	2 083	m ³ rtr		4 507	m ³ rtr	
CO₂ betoni		893 390	kg	29 %	1 749 090	kg	60 %
teräs yht		1 599 580	kg		778 400	kg	
raudoitus	0,9	481 580	kg		778 400	kg	
teräspalk	1,1	1 118 000	kg		0	kg	
CO₂ teräs		1 663 222	kg	55 %	700 560	kg	24 %
asfaltti		12 555	m ² tr		12 555	m ² tr	
AB5	36	4 185	m ² tr		4 185	m ² tr	
AB11	36	4 185	m ² tr		4 185	m ² tr	
SMA16	43,4	4 185	m ² tr		4 185	m ² tr	
CO₂ asfaltti		482 949	kg	16 %	482 949	kg	16 %
CO₂-päästöt yht		3 039 561	kg		2 932 599	kg	

Terässillan rakentamisessa muodostuu noin 3 039 tn (tonnia eli tuhatta kilogrammaa) CO₂-päästöjä. Suurin osa tästä määrästä, 55 % eli 1 663 tn, muodostuu rakentamiseen käytetystä teräksestä. Teräksen päästökerroin on pieni verrattuna muihin kertoiimiin (vain noin 0,3 %), mutta siltaan käytetyn teräksen valtava määrä nostaa materiaalin aiheuttamaa päästömäärää. Kolmannes, eli noin 893 tn, päästöistä muodostuu betonista, ja loput 16 % eli 483 tn asfaltista. Betonisillan hiilidioksidipäästöt materiaalien osalta ovat 2 932 tn, josta jopa 60 % eli 1 749 tn muodostuu betonista. Betonisillassa käytettävä teräs muodostaa 24 % (700 tn) CO₂-päästöistä, ja asfaltin osuus on 16 % kokonaispäästömäärästä, eli saman verran kuin terässillassa. Siltojen kolme tärkeintä rakennusmateriaalia muodostavat siis molemmissa siltavaihtoehtoissa käytännössä saman kokonaismäärän hiilidioksidipäästöjä, vaikka materiaalien määrien suhde onkin erilainen.

Pohdinta

Betonisilta näyttää tämän tutkimuksen perusteella olevan elinkaaritaloudellisempi vaihtoehto sekä kustannusten että päästöjen suhteen. Toteutusmuodon valintaan vaikuttavat kuitenkin muutkin asiat, kuin mitä standardikustannuslaskennalla voidaan huomioida. Esimerkiksi suhdannetilanteella on suuri merkitys siihen, millaisiksi kustannukset todella muodostuvat. Talorakennussektorin hiljaisempina hetkinä betonielementtien hinnat laskevat, jolloin siltapuolen betonielementtejä voi saada edullisempaan hintaan. Sama suhdannevaihtelu näkyy myös teräksen hinnassa. Myös siltapaikalla on suuri merkitys siihen, millaiseen siltaan päädytään. Vesistösilloissa telineolosuhteet, kuten perustamisen hankaluus ja hyvin korkeat silta-aukot ja siltatyömaan alittava liikenne, vaikuttavat terässiltaa suosivalla tavalla esimerkiksi siksi, että silta saadaan rakennettua nopeasti alikulkevan väylä yli. Myös pitkien jännevälien silloissa päädytään usein terässiltaan, kuten tutkimuksen kohteena olevalla sillalla, jonka pituus on yli 400 metriä.

Tässä tutkimuksessa tehdyt laskelmat ovat arvioita, ja vaikka niiden investoinnin määräluettelot ovat aidot, hoito- ja ylläpitosuunnitelmat ovat keinotekoisia testiversioita, joten

ne eivät välttämättä ole täysin oikeita vastaavia. Olisi hyvä, jos laskelmia päästäisiin seuraavaksi tutkimaan kohteissa, joissa elinkaarisuunnitelma tehtäisiin aidosti. Vaikutusarviointia voitaisiin tehdä jo valmistuneistakin hankkeista. Niissä voitaisiin arvioida tehtyjä ratkaisuja elinkaarinäkökulman kannalta ja laskea elinkaarikustannuksia, ja pohtia, olisiko jokin ratkaisu kannattanut tehdä eri lailla, ja kannattaisiko jatkossa käyttää eri ratkaisua. Elinkaarisuunnitelmiin toki sisältyy aina epävarmuuksia, sillä ne tehdään sillan koko elinkaaren ajalle sillan suunnitteluvaiheessa, ja muutoksia voi pitkän elinkaaren aikana joutua tekemään monesta syystä.

Laskelmista on tässä jätetty pois tiettyjä kokonaisuuksia, joiden mukaan ottamista pitäisi harkita todellisten hankintojen suunnitelmia ja elinkaarilaskentoja tehtäessä. Tällaisia kokonaisuuksia ovat esimerkiksi riskit. Estetiikkaa ja ympäristöarvoja tulisi myös voida tarkastella osana kokonaisuutta, mutta tulisi pohtia, kannattaako niitä monetarisoida, vai voidaanko niitä arvostaa ja vertailla muilla mittareilla kuin rahalla. Hyötyjä, kuten onnettomuusriskien ja -kustannusten säästöjä voitaisiin myös tarkastella, jos vertaillaan kahden täysin erilaisen ratkaisun vaihtoehtoja, esimerkiksi kiertoliittymän tai eritasoliittymän valintaa.

Suurin osa elinkaarikustannuksista muodostuu investoinnista ja ylläpitokustannuksista. Olisi hyvä selvittää, johtaako kalliimpi investointi ylläpidon halpenemiseen, ja voitaisiinko investointikustannusta kasvattamalla vähentää esimerkiksi toisen peruskorjauksen tarvetta, mikä pienentäisi sillan elinkaarikustannusta huomattavasti. Toisaalta diskonttauksen periaate lisää painetta pienentää investoinnin kustannusta verrattuna ylläpitoon, joka tapahtuu vasta vuosien kuluttua, ja joka nykyarvossa on edullista. Tähän tarvittaisiin simulointia ja selvityksiä siitä, mitkä laadullisesti ja kestävyydeltään paremman investoinnin kustannukset todella ovat, ja missä rajoissa ne olisivat kannattavia. Pitäisi myös vertailla, miten suuri investointilisäys tarvittaisiin, että peruskorjausta voitaisiin viivyttää pidempään. Jos nykyarvoistuksen periaatteella tulevaisuuteen tehdystä siirtämisestä saatava kustannushyöty olisi suurempi kuin investointilisäys, se olisi kannattavaa.

Hiilidioksidipäästölaskennan osalta laskentaa voitaisiin parantaa ottamalla huomioon myös kuljetuskustannukset, jotta eri toteutusvaihtoehtojen väliset erot päästöjen syntymisessä voisivat selkiintyä. Tämä vaatisi lisäselvitystä. Tutkimuksessa ei ole myöskään huomioitu käytön aikaisia CO₂-päästöjä. Hoito- ja ylläpitotyöt aiheuttavat päästöjä niin koneiden kuin materiaalienkin käytön vuoksi. Lisäksi tulisi ratkaista, miten elinkaaren aikainen liikenne lasketaan mukaan yksittäisen sillan päästöihin. Liikenteen päästöt ovat toisaalta eri toteutusmuodoille samat, eli tässä vertailussa niillä ei olisi ollut merkitystä valinnan suhteen, mutta jos vertailtaisiin vaikkapa siltapaikalla sillan tai lossiyhteyden eroja, liikenteen päästöillä saattaisi olla valinnan kannalta merkitystä. Tässä tutkimuksessa hiilidioksidipäästöjä ei myöskään muutettu rahaksi. Se olisi suhteellisen yksinkertaista, sillä päästöillä on tällä hetkellä päästökaupassa määritelty kustannus, mutta tulisi myös pohtia, onko monetarisointi tarpeen. Vaihtoehto päästöjen arvostamiseksi voisi olla esimerkiksi hankkeessa tietyn rakenneratkaisun laskennallinen standardipäästö määrä, johon urakoitsija voisi esittää vaihtoehtoisen, elinkaari edullisen toteutustavan, joka on sekä taloudellinen että vähentää päästöjä. Tästä annettaisiin hankinnan pisteytystä tehtäessä hyvitystä tai lisäpisteitä. Myös tämä vaatisi lisäselvitystä ja kilpailutuksen kehittämistä.

6 Yhteenveto

Elinkaarilaskelmiin perustuvia päätöksiä tekemällä voidaan säästää rahaa, verrattuna nykyiseen tapaan tehdä investointipäätökset pelkkien rakentamiskustannusten perusteella. Ilmastonmuutos ja siihen liittyvät tiukentuvat CO₂-päästötavoitteet pakottavat miettimään myös rakentamisen ja ylläpidon aikaisia hiilidioksidipäästöjä liikenteen aiheuttamien päästöjen lisäksi. Elinkaarilaskennalla ja elinkaariarvioinneilla voidaan tutkia rakentamisen elinkaaren aikaisia vaikutuksia yhteiskuntaan, ympäristöön ja talouteen, ja ohjata päätöksentekoa elinkaaritaloudellisempaan suuntaan. Diplomityön tavoitteena oli selvittää, miten Väylävirastossa tällä hetkellä huomioidaan elinkaarinäkökulma hankintaprosessissa, ja miten siihen voitaisiin ottaa elinkaariasiat paremmin mukaan. Työn kirjallisuusselvityksessä kartoitettiin yleisesti elinkaarinäkökulman merkitystä ja Väyläviraston hanke- ja hankintamenetelmiä. Haastatteluosiossa puolestaan kuultiin asiantuntijoiden käytännön kokemuksia ja näkemyksiä elinkaariasioihin liittyen. Haastattelujen perusteella voitiin kartoittaa elinkaarinäkökulman huomioimisen nykytilanne, ja lisäksi löydettiin ne esteet, jotka vaikeuttavat elinkaarinäkökulman huomioimisen yleistymistä. Haastatteluissa tuli esiin myös paljon kehitysehdotuksia sekä yleinen positiivinen asenne, joka kannustaa elinkaariasioden kehittämiseen ja mahdollistaa niiden laajemman hyödyntämisen tulevaisuudessa. Tutkimuksen kolmannessa osassa testattiin elinkaarilaskentaa ja sen kehittämiseen liittyviä seikkoja. Tutkimuksen kysymyksenasettelu oli onnistunut ja selvitysmetodit toimivat hyvin tutkimuskysymyksen selvittämisessä ja tutkimuksen tavoitteiden saavuttamisessa. Selvityksen tuloksena saatiin ehdotukset elinkaarinäkökulman nykyistä paremman huomioimisen mahdollistamiseen. Ehdotukset on jaettu viiteen pääryhmään, ja ne on esitetty tiivistetysti alla (Kuva 21)



Kuva 21. Elinkaarinäkökulman huomioimisen edistämiseen tähtäävät toimet.

Suosituksena on, että aloitettua selvitystyötä jatketaan kehittämällä seuraavaksi elinkaaritietokantaa ja elinkaarilaskinta sekä elinkaariasiantuntijan tehtäväkuvausta laskennan ja prosessin tueksi. Työkaluja kehittämällä myös tiedonkulun ongelmaan saadaan helpotusta. Kehitystyön tueksi toivotaan strategisia päätöksiä ja vahvaa ohjausta elinkaariajattelun suuntautumiseksi. Myös rahoitusmalliuudistuksen toteutuminen auttaisi kehityksen tapahtumista. Edelleen suositellaan kilpailutuksen kehittämistä ja uusien hankintamallien hyödyntämistä kaikkien sidosryhmien osaamisen hyödynnettävyyden parantamiseksi.

Elinkaarilaskennan ongelmaksi voi helposti muodostua monimutkaisuus. Tulisi miettiä, mitkä asiat on otettava mukaan arviointiin, ja mitkä asiat, tai missä tilanteessa, voidaan tarpeen mukaan jättää tarkastelun ulkopuolelle. Mitä vähemmän laskelmissa on vertailtavia asioita, sitä yksinkertaisemmaksi ne tulevat. Yksinkertaistaminen ei ole itseisarvo, ja siinä saattaa olla myös riski, että olennaisia asioita jää tarkastelussa huomiotta, mutta yksinkertaisesta laskentamallista kehittämisen aloittaminen olisi hyvä keino saada tarkastelut rutiinin-

omaiseksi osaksi hankintaketjua. Laskentaa voitaisiin kehittää askel kerrallaan, ja menetelmän, rutiinien ja välineiden kehittyessä elinkaariarviointi tulisi yhä yksityiskohtaisemmaksi, tarkemmaksi ja luotettavammaksi, sekä laajasti hyödynnetyksi alalla osana suunnittelun ja hankinnan prosessia. Olisi tärkeää saada elinkaarilaskenta standardoitua siten, että laskelmien vertailu olisi mahdollista riippumatta laskennan tehneestä tahosta.

Jatkotutkimusta tarvitaan monella osa-alueella. Elinkaarilaskennan ja elinkaarinäkökulman hyödyntämistä osana hankintaa muualla Euroopassa olisi hyvä selvittää tarkemmin. Tuloksia voitaisiin hyödyntää meillä prosessia kehitettäessä. Elinkaariasiantuntijan tehtävä olisi tarpeen jo kehittämisvaiheessa, ja tehtävän kuvaus pitäisi muodostaa. Hiilidioksidipäästöjen ja muiden ympäristövaikutusten, kulttuuriarvojen sekä riskien arvottamisesta tulisi tehdä alalla selvityksiä sekä päätöksiä siitä, miten ne olisi järkevintä huomioida arvioinnissa.

Lähdeluettelo

Airola, M., Heikkinen, M. (2013). Askelmerkkejä allianssimuotoiseen yhteistyöhön. Kokeimuksia infrarakentamisen hankkeista. VTT Technology 103. ISSN 2242-122X. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 22.2.2019]. Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/impact/publications>

Alhola, K. & Kaljonen, M. (2017). Kestävät julkiset hankinnat. [pdf-dokumentti]. [Viitattu 4.7.2018]. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/228340/SY-KEra_32_2017.pdf?sequence=4

Aulakoski, A., Montin, P., Lydman, P., Häyrynen, K. (2013). Panospohjaisen CO₂-laskennan pilotointi väylähankkeessa. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 18/2013. ISBN 978-952-255-443-7. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2014-18_panospohjaisen_co2-laskennan_web.pdf

Bionova Oy. (2017). Tiekartta rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen huomioimiseksi rakentamisen ohjauksessa. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavissa: [https://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Selvitys_rakennusten_hiilijalanjäljen_va\(43779\)](https://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Selvitys_rakennusten_hiilijalanjäljen_va(43779))

Ekroos, A., Katajamäki, H., Kinnunen, H., Staffans, A. Maankäytön ja rakentamisen ohjauksen uudistaminen. Ympäristöministeriön raportteja 7/2018. ISBN PDF 972-952-11-4784-5. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 24.4.2019]. Saatavissa: http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160553/YMr_7_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Euroopan komissio (2016). Ympäristö säästäviä hankintoja. 3. laitos. [pdf-julkaisu]. ISBN 978-92-79-56849-7. [Viitattu 10.7.2018]. Saatavissa: http://ec.europa.eu/environment/archives/gpp/handbook_summary_2011_fi.pdf

GBCF, Green Building Council Finland. (2019). Ympäristöluokitukset. Internetsivut. [Viitattu 2.4.2019]. Saatavissa: <https://figbc.fi/ymparistoluokitukset/>

Heikinheimo, E., Illman, J., Pitkämäki, A. & Pursula, T. (2017). Materiaalien hallinnan raportointi väylänpidossa. Esiselvitys kiertotalouden tarpeisiin. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 7/2017. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 1.8.2018]. ISBN 978-952-317-357-6. Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lts_2017-07_materiaalien_hallinnan_web.pdf

Heikkilä, H. (2005). Budjettieroanalyysin käyttömahdollisuudet valtion tilivirastojen maksullisessa toiminnassa. Case: AKE, Helsingin yliopisto, Merenkululaitos ja VTT. Opinnäytetyö. [Viitattu 5.5.2019]. Saatavissa: <https://tampub.uta.fi/bitstream/handle/10024/92795/gradu00611.pdf?sequence=1>

HILMA (2018). Työ- ja elinkeinoministeriön ylläpitämä internetsivusto julkisiin hankintailmoituksiin. [Viitattu 27.7.2018]. Saatavissa: <https://www.hankintailmoitukset.fi/fi/docs/yleista/>

Hoikkala, A., Pakarinen, A., Herrala, T., Vedenkannas, M., Soukainen, J. (2014). Tuloksellisuustarkastuskertomus. Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalan ohjausjärjestelmä.

Valtiontalouden tarkastusvirasto tuloksellisuuskertomus 14/2014. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 25.10.2018]. ISBN 978-952-499-277-0. Saatavissa: <http://urn.fi/urn:isbn:978-952-499-277-0>

Hoikkala, A. (2017). Jälkiseurantaraportti: Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalan ohjausjärjestelmä. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 25.10.2018]. Saatavissa: <https://www.vtv.fi/julkaisut/jalkiseurantaraportti-liikenne-ja-viestintaministerion-hallinnonalan-ohjausjarjestelma/>

Huttunen, R. (toim.), (2017). Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 4/2017. [pdf-dokumentti]. [Viitattu 10.7.2018]. ISBN 978-952-327-190-6. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-190-6>

Hänninen, O., Korhonen, A., Lehtomäki, H., Asikainen, A. & Rumrich, I. (2016). Ilman-saasteiden terveysvaikutukset. Ympäristöministeriön raportteja 16/2016. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 2.8.2018]. ISSN 1796-170X. Saatavissa: http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/74861/YMr_16_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Iloa, A., Valli, R., Terävä, H-L., Leskinen, A., Ikäheimo, A, Karessuo, L., Lötjönen, M. & Suomalainen, A. (2017). Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalan virastouudistus. Vaikutusten arviointi. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 22/2017. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 7.8.2018]. ISBN 978-952-243-543-9. Saatavissa: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160515/Julkaisuja%2022-2017%20LVMn%20hallinnonalan%20virastouudistus-Vaikutusten%20arviointi.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79189/TEM-jul_4_2017_verkkajulkaisu.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Kallberg, V-P., Luoma, J., Mäkelä, K., Peltola, H. & Rajamäki, R. (2014). Ajonopeuden liikenneturvallisuus- ja ympäristövaikutukset. VTT Technology 197. ISBN 978-951-38-8191-7. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 16.4.2019]. Saatavissa: <https://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2014/T197.pdf>

Kivioja, K. (2015). Elinkaarimallihankkeet. Rakennusteollisuuden julkaisu. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 22.2.2019]. Saatavissa: <https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/toimialat/talonrakennus/aluetoimistot/ita-suomi/koulutusaineistot-2015/2015-02-04-elinkaari-hankkeet-asiamies-karri-kivioja-talonrakennusteollisuus.pdf>

Korhonen P., Lämsä, J., Söderqvist, M-K., Juvonen, K., Kiviluoma, R. (2009). Siltojen elinkaarikustannukset. Esiselvitys. Tiehallinnon julkaisuja 28/2009. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 1.12.2018]. ISSN 1459-1561. Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf2/4000703-v-siltojen_elinkaarikustannukset_esiselvitys.pdf

Korkiala-Tanttu, L., Törnqvist, J., Eskola, P., Pienimäki, M., Spoof, H. & Mroueh, U-M. (2005). Elinkaaritarkastelut tienpidon hankintoihin, Tiehallinnon selvityksiä 13/2005. [pdf-dokumentti]. [Viitattu 24.7.2018]. Saatavissa: <https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf/3200925-velinkaaritarkasthank.pdf>

Korkiala-Tanttu, L., Tenhunen, J., Eskola, P., Häkkinen, T., Hiltunen, M. & Tuominen, A. (2006). Väylärakentamisen ympäristövaikutukset ja ekoindikaattorit; ehdotus arviointijärjestelmäksi. Tiehallinnon selvityksiä 22/2006. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 2.8.2018]. ISBN 951-803-712-4. Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf/3200998-vaylarakentamisen_ymparistovaik_ekoindikaattorit.pdf

Koskela, S., Korhonen, M-R., Seppälä, J., Häkkinen, T. & Vares, S. (2011). Materiaalinäkökulma rakennusten ympäristöarvioinnissa. Suomen Ympäristökeskuksen raportteja 16/2011. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 7.8.2018]. ISBN 978-952-3912-3. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/39687/SYKEra_16_2011_alkuperainen.pdf?sequence=1

Kuittinen, M. & le Roux, S. (2017). Vihreä julkinen rakentaminen, hankintaopas. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 4.7.2018]. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4744-9>

Kupiainen, K. (2017). Ilmakehän hiukkaset - päästöistä vaikutuksiin. Aalto-yliopiston Energia ja ympäristö -kurssin luentokalvot nro 11, 8.12.2017. [pdf-dokumentti]. [Viitattu 2.8.2018].

Kuuttiniemi, K. & Lehtomäki, L. (2017). Valtion hankintakäsikirja 2017. Valtiovarainministeriön julkaisuja 29/2017. [pdf-dokumentti]. [Viitattu: 24.7.2018]. ISBN 978-952-251-879-8 (pdf). Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-251-879-8>

Kähkönen, A., Nyby, M. (2009). Tieverkon elinkaarikustannusten hallinnan nykytila ja kehitystarpeet. Tiehallinnon julkaisuja 53/2009. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 1.12.2018]. ISSN 1459-1561. Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf2/4000728-v-tate_elinkaarikust_raportti.pdf

Lahdenperä, P. (2018). Miten yhteiskehittämistä voidaan toteuttaa perinteisissä toteutusmuodoissa? kKu- ja STk-mallien periaatteet ja ensimmäiset sovellukset. Väylät ja liikenne 2018 esitelmäjulkaisu. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 25.2.2019]. Saatavissa: https://tapahtumat.tieyhdistys.fi/site/assets/files/1667/esitelmajulkaisu_2018.pdf

Liikenne- ja viestintäministeriö (2013). Liikenne ja viestintä 2017. Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalan toiminta- ja taloussuunnitelma vuosille 2014-2017. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 1/2013. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 22.10.2018]. ISBN 978-952-243-329-9. Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/77997/Julkaisuja_1-2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Liikenne- ja viestintäministeriö (2018). Liikenne- ja viestintäministeriön internetsivut. [Viitattu 22.10.2018]. Saatavissa: <http://lvm.fi>

Liikenne- ja viestintäministeriö (2018/2). Tiedote. [Viitattu 2.4.2019]. Saatavissa: <https://www.lvm.fi/-/tyoryhma-ehdottaa-yksimielisesti-liikenneverkon-rahoitustasoa-nostettava-967488>

Liikennejärjestelmä.fi. (2018). Liikenne- ja viestintäministeriön, Liikenneviraston, Traficom ja Ilmatieteen laitoksen ylläpitämä internetsivusto Suomen liikennejärjestelmän tilasta. [Viitattu 12.9.2018]. Saatavissa: <http://liikennejarjestelma.fi/>

Liikennevirasto (2010). Sillan elinkaarikustannusten laskentaohje. Liikenneviraston ohjeita 26/2010. ISBN 978-952-255-043-9. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 2.4.2019]. Saatavissa: www.liikennevirasto.fi

Liikennevirasto (2011). Väylähankkeiden suunnitteluperusteiden menettelykuvaus. Liikenneviraston ohjeita 24/2011. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 12.9.2018]. Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo_2011-24_vaylahankkeiden_suunnitteluperusteiden_web.pdf

Liikennevirasto (2013/1). Hankinnan toimintalinjat. Linjaukset ja kehittämiskohteet. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 4.7.2018]. ISBN 978-952-255-289-1. Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lto_2013-03_hankinnan_toimintalinjat_linjaukset_web.pdf

Liikennevirasto (2013/2). Liikenneviraston toiminta- ja taloussuunnitelma 2015-2018 Liikenne- ja viestintäministeriölle. [pdf-dokumentti]. [Viitattu 4.7.2018]. Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lr_2013_liikenneviraston_tts_2015-2018_web.pdf.

Liikennevirasto (2013/3). Hankinnan toimintalinjat. Tavoitetilaraportti. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 13.2.2019]. ISBN 978-952-255-316-4. Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lto_2013-02_hankinnan_toimintalinjat_tavoitetilaraportti_web.pdf

Liikennevirasto (2013/4). Perusväylänpito 2013-2017. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 13.2.2019]. Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf6/perusvaylanpito_2013-2017_08-2013_web.pdf

Liikennevirasto. (2014). Liikenneviraston ympäristötoimintalinja. Liikenneviraston toimintalinjoja 1/2014. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 2.8.2018]. ISBN 978-952-317-001-8. Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lto_2014-01_liikenneviraston_ymparistotoimintalinja_web.pdf

Liikennevirasto (2014/2). Siltojen tietomalliohje. Liikenneviraston ohjeita 6/2014. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 26.2.2019]. ISBN 978-952-255-414-7. Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2014-06_siltojen_tietomalliohje_web.pdf

Liikennevirasto (2014/3). Taitorakenteiden suunnittelun lähtötieto-ohje. Liikenneviraston ohjeita 21/2014. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 26.2.2019]. ISBN 978-952-255-469-7. Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2014-21_taitorakenteiden_suunnittelun_web.pdf

Liikennevirasto (2015). Taitorakenteiden ylläpidon toimintalinjat, taustaselvitys. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 26/2015. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 17.9.2018]. ISBN 978-952-317-090-2. Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lts_2015-26_taitorakenteiden_yllapidon_web.pdf

Liikennevirasto (2016). Kestävämpää liikennettä ja väylänpitoa - katse kasvihuonepäästöjen vähentämisessä. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 1.8.2018]. ISBN 978-952-317-331-6. Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lr_2016_kestavampaa_liikennetta_web.pdf

Liikennevirasto (2016/2). Suunnittelu ja hankkeet -toimiala. Katsaus ajankohtaisiin. [Luentoesitys]. [Viitattu 1.12.2018]. Saatavissa: https://www.liikennevirasto.fi/documents/20473/251256/INFRAexpo2016_SUHA.pdf/5c6a0582-5b2f-4a87-8400-5c0140e54b16

Liikennevirasto (2017). Liikenneviraston ympäristöohjelma 2017-2020. Liikenneviraston toimintalinjoja 2/2017. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 17.9.2018]. ISBN 978-052-317-446-7. Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lto_2017-02_liikenneviraston_ymparistoohjelma_web.pdf

Liikennevirasto (2018). Liikenneviraston sillat 1.1.2018. Liikenneviraston sillaston rakenne, palvelutaso ja kunto. Liikenneviraston tilastoja 7/2018. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 17.9.2018]. ISBN 978-952-317-605-8. Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lti_2016-05_liikenneviraston_sillat_web.pdf

Liikennevirasto (2018/2). Liikennevirasto internetsivut palveluntuottajille, Sillat ja erikoisrakenteet. [Viitattu 9.12.2018]. Saatavissa: <https://www.liikennevirasto.fi/palveluntuottajat/sillat#.XA0OR-JoQ2x>

Petäjäniemi, P. (2013). Lean ja integroivat toteutusmuodot. Tilaajan näkökulmia. Luentoesitys, LCIF-päivä 21.11.2013. [PDF-dokumentti]. [Viitattu 25.2.2019]. Saatavissa: http://www.lci.fi/sites/default/files/LCI13%20-%20Pet%C3%A4j%C3%A4niemi_Integroivat%20toteutusmuodot_LCI_21112013.pdf

Petäjäniemi, P. (2016). Liikenneviraston projektien toteutus. Luentoesitys, Kiviainespäivät 22.1.2016. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 22.2.2019]. Saatavissa: https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/infra/infra-akatemia/kivianespaivat-2016/pekka-petajaniemi-livi_pxp_kiviainespaivat16.pdf

Pulakka, S., Heinonen, I., Junnonen, J-M., Vuolle, M. (2007). Talotekniikan elinkaarikustannukset. VTT tiedotteita 2409. ISBN 978-951-38-6962-5. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 28.4.2019]. Saatavissa: <https://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2409.pdf>

Pursimo, J. (2015). Selvitys elinkaarikustannuslaskennasta julkisissa hankkeissa. Loppuraportti. [PDF-dokumentti]. [Viitattu 1.12.2018]. Saatavissa: <http://www.syke.fi/download/noname/%7BDA0418FC-25B4-42D8-9E8C-D012326D365B%7D/114853>

Pöllänen, M., Ahlroth, J., Aalto, E., Liimatainen, H. (2013). Liikenteen turvallisuuden ja ympäristövaikutusten synergiat ja vastakkainasettelut. Trafin julkaisuja 04/2013. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 16.8.2018]. ISBN 978-952-5893-69-4. Saatavissa: https://www.trafi.fi/fi-lebank/a/1363092902/3421823cf730c6de9c02aa4ea3e0217e/11792-Trafin_julkaisuja_04-2013_-_Liikenteen_turvallisuuden_ja_ymparistovaikutusten_synergiat_ja_vastakkainasettelut_2.pdf

Rakennusteollisuus. (2018). Kestävä rakentaminen. [Internetsivut]. [Viitattu 2.8.2018]. Saatavissa: <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Kestava-rakentaminen/>

Rantanen, J. (2010). Elinkaariasiantuntijan tehtävät sekä muuntojoustavuuden vaikutus rakennushankkeen elinkaarikustannuksiin. Diplomityö.

Rintala, K., Rosenberg, M. & Teikari, J. (2010). Elinkaarimallien kansainväliset kehityssuunnat. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 27/2010. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 30.7.2018]. ISBN 978-952-243-171-4. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-171-4>

Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. (2009). KvaliMOTV – menetelmäopetuksen tietovaranto [pdf-dokumentti]. [Viitattu 23.7.2018]. Saatavissa: http://www.fsd.uta.fi/fi/julkaisut/motv_pdf/KvaliMOTV.pdf

Saari, J. (2017). Urakkarakentamisen lyhyt oppimäärä. ROTI-blogi, 9.10.2017. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 22.2.2019]. Saatavissa: <https://www.tekniikkatalous.fi/puheenvuoro/urakkarakentamisen-lyhyt-oppimaara-mita-tarkoittavat-ku-kvr-st-ppp-pju-pjp-ja-ipt-6681439>

Savolainen, T. (2011). Elinkaarikustannuslaskennan kehityshanke. [Luentoesitys]. [Viitattu 1.12.2018]. Saatavissa: [https://kuntatekniikka.fi/wp-content/themes/kuntatekniikka2/images/pdf/kehto/Elinkaarilaskennan%20kehityshanke\[1\].pdf](https://kuntatekniikka.fi/wp-content/themes/kuntatekniikka2/images/pdf/kehto/Elinkaarilaskennan%20kehityshanke[1].pdf)

SFS Ry, Suomen standardisoimisliitto Ry. (2019). ISO 14 001 –standardi. Internetsivut. [Viitattu 29.4.2019]. Saatavissa: https://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/tuotteet_valokeilassa/iso_14000_ymparistojohtaminen/ymparistojarjestelma

Siipio, J. (2004). Infrahankkeen hallinta - politiikkaa ja tekniikkaa. Tiehallinnon selvityksiä 16/2004. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 25.2.2019]. ISBN 951-803-243-2. Saatavissa: <https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf/3200866nfranhankkeenhall.pdf>

Somersalmi, M. (2017). Urakkamuodot ja innovaatiokumppanuudet. Luentoesitys. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 22.2.2019]. Saatavissa: [http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Fiksun_julkisen_rakentamisen_kuntakiertu\(44490\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Fiksun_julkisen_rakentamisen_kuntakiertu(44490))

Tervahattu, H., Kupiainen, K., Sainio, P., Räisänen, M., Lahti, T., Pirjola, L., Karppinen, A. (2006). Vierintämelun vähentäminen. VIEME-tutkimus- ja kehittämisprojektin esiselvitys. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 12/2006. ISBN 952-201-523-7. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 16.4.2019]. Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/78724/Julkaisu_12_2006.pdf?sequence=1

Tiehallinto. (2008). Sillan peruskorjauksen nopeuttaminen. Tiehallinnon selvityksiä 11/2008. ISBN 978-952-221-044-9. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 22.3.2019]. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/sillat/julkaisut/sillan_peruskorjauksen_nopeuttaminen_2008.pdf

Tiehallinto. (2008/2). Opas tienpidon teknisten ratkaisujen taloudelliseen vertailuun. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 2.4.2019]. Saatavissa: <https://vayla.fi/documents/20473/34253/Opas+tienpidon+taloudellisesten+ratkaisujen+vertailuun.pdf/3efe7b23-838c-4d27-bca0-f17349c565cb>

Tielaitos. (2000). Siltojen suunnitelmat. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 26.2.2019]. ISBN 951-726-615-4. Saatavissa: <https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/julkaisut/silsuu00.pdf>

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. (2009). Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. 6. painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi. 182 s. ISBN 978-951-31-5369-4.

Tuominen, M., Vaaja, K., Oksanen, E., Alander, J., Onnela, S., Lehtomäki, E., Härme, M., Riihe, H. (2018). Kansalaistori-Kaisaniemi pyörä- ja jalankulkuyhteyden rakennettavuusselvitys. Luonnos. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 12.9.2018]. Saatavissa: https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/uutiset/kansalaistori_kaisaniemi_yhteys/Kansalaistori-Kaisaniemi_rakennettavuusselvitys_Luonnos_20180628.pdf

Vuorela, K., Urpola, J. & Kankainen, J. (1998). Johdatus rakentamistalouteen. 2. uudistettu painos. Otareal Oy. ISBN 952-91-0120-1.

Väylä. (2018). Internetsivut. Hankkeiden suunnittelu. [Viitattu 7.1.2019]. Saatavissa: <https://vayla.fi/hankkeiden-suunnittelu#.XDMYls1S82w>

Väylä. (2019). Internetsivut. Hankinnat ja kilpailutukset. [Viitattu 13.2.2019]. Saatavissa: <https://vayla.fi/palveluntuottajat/hankinnat#.XGP71LhS9hE>

Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu Ymparisto.fi. (2018). [Internetsivut]. [Viitattu 29.12.2018]. Saatavissa: https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Ymparistovaikutusten_arviointi

Ympäristöministeriö. (2017). Faktalehti vähähiilisestä rakentamisesta. [PDF-julkaisu]. [Viitattu 2.4.2019]. Saatavissa: https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Vahahiilinen_rakentaminen/Oppaat_vahahiiliseen_rakentamiseen

Liiteluettelo

Liite 1. Haastattelurunko, 1 sivu.

Liite 2. Liikennehaittakustannusten laskentakaavat, 1 sivu.

Liite 3. Siltojen investointilaskelmaraportit, 10 sivua.

Liite 4. Siltojen hoitosuunnitelma ja kustannukset liikennehaittakustannuksineen, 1 sivu.

Liite 5. Terässillan ylläpitosuunnitelma ja kustannusarvio, 1 sivu.

Liite 6. Betonisillan ylläpitosuunnitelma ja kustannusarvio, 1 sivu.

Liite 1. Haastattelurunko

Yleiset

- Millainen on näkemyksesi elinkaarinäkökulman käytön yleisyydestä infrahankinnoissa ja -hankkeissa?
- Miksi elinkaarinäkökulma pitäisi mielestäsi huomioida infrahankinnoissa?
- Mitkä ovat elinkaarinäkökulman huomioimisen haasteet omasta näkökulmastasi/toimistasi?
- Miten paljon elinkaarivaikutusten tulisi mielestäsi näkyä hankinnoissa?

Politiikka

**politiikalla tarkoitetaan tässä ilmapiiriä, valtakunnan-/EU-politiikkaa, infra-alan toimijoiden periaatteita, oman työpaikan ilmapiiriä jne.*

- Miten yleinen politiikka näyttäytyy aiheesta?
- Miten politiikka vaikuttaa siihen, miten elinkaarinäkökulma otetaan huomioon tällä hetkellä?
- Miten politiikka vaikuttaa omiin mahdollisuuksiisi vaikuttaa hankinnoissa elinkaarinäkökulman kannalta? Millaisia muutoksia toivoisit?

Käytännön työ

- Miten urakan/hankinnan laajuus vaikuttaa elinkaarinäkökulman huomioimiseen?
- Mikä olisi mielestäsi paras urakkamuoto hankinnassa, jotta elinkaarinäkökulma saataisiin parhaiten huomioitua?
- Miten liikenteen vaikutukset voitaisiin ottaa mukaan hankintaan? (Rakentamisen-/käytönaikaiset)
- Miten käyttö- ja ylläpito- sekä korjausvaihe saataisiin mukaan hankintaan elinkaarinäkökulman kannalta?
- Elinkaarinäkökulmaan kuuluvat sekä ympäristövaikutukset että kustannusvaikutukset: pitäisikö jotain osaa korostaa tai pitäisikö kaikki ottaa huomioon?
- Millaista tukea/koulutusta/perehdytystä/ohjeistusta toivoisit aiheesta, jotta elinkaarinäkökulma olisi helpompi ottaa huomioon hankinnoissa?
- Onko elinkaarihankinnan hyötyjä/haittoja laskettu?
- Eroaako elinkaarisuunnittelu muusta suunnittelusta?

Urakoitsijalle suunnatut kysymykset

- Missä vaiheessa hankintaa urakoitsija voi parhaiten vaikuttaa elinkaarivaikutuksiin tällä hetkellä? Missä vaiheessa tulisi voida lisäksi vaikuttaa?
- Miten urakoitsija saataisiin paremmin osallistumaan elinkaarivaikutusten pienentämisen suunnitteluun?
- Onko urakoitsijalla omia intressejä elinkaarivaikutusten pienentämiseen?
- Mikä olisi mielestäsi paras urakkamuoto hankinnassa, jotta elinkaarinäkökulma saataisiin parhaiten huomioitua?
- Miten urakan/hankinnan laajuus vaikuttaa elinkaarinäkökulman huomioimiseen?
- Millaiset kannustimet voisivat toimia?
- Rajoittavatko tilaajan rajaukset ja muut seikat elinkaaritaloudellisen ratkaisun tekemistä työssäsi?
- Kuinka työmaalla tehtävät valinnat (raaka-aineet kuljetuksineen, työmaajärjestelyt, materiaalivalinnat, liikennehaitta) pitäisi ottaa huomioon elinkaarivaikutusten arvioinnissa ja esim. kannustimissa?
- Millaista tukea/koulutusta/perehdytystä/ohjeistusta toivoisit aiheesta, jotta elinkaarinäkökulma olisi helpompi ottaa huomioon hankinnoissa?

Liite 2. Liikennehaittakustannusten laskentakaavat

Työmaan nopeusrajoituksen aiheuttama aikakustannus

- tien sallittu nopeus (km/h)
- rajoitettu nopeus (km/h)
- nopeusrajoitusalueen pituus (km)
- nopeusrajoituksen kesto aika päivittäin (h/vrk)
- nopeusrajoituksen kokonaiskesto aika (vrk)
- kevyiden ajoneuvojen määrä (KVL – raskaat) (ajoneuvoa/vrk)
- raskaiden ajoneuvojen määrä (ajoneuvoa/vrk)
- kevyiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus (€/h)
- raskaiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus (€/h)

Knop

- V
- Vn
- Ln
- tn
- Tn
- Qk
- Qr
- Ak
- Ar

$$Knop = (Ln/Vn - Ln/V) \times tn/24 \times (Qk \times Ak + Qr \times Ar) \times Tn$$

Valo-ohjauksen aiheuttama aikakustannus

- tien sallittu nopeus (km/h)
- valo-ohjatulla alueella rajoitettu nopeus (km/h)
- odotusaika (h) to - valo-ohjatun alueen pituus (km)
- valo-ohjauksen kesto aika päivittäin (h/vrk)
- valo-ohjauksen kokonaiskesto aika (vrk)
- kevyiden ajoneuvojen määrä (KVL – raskaat) (ajoneuvoa/vrk)
- raskaiden ajoneuvojen määrä (ajoneuvoa/vrk)
- kevyiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus (€/h)
- raskaiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus (€/h)

Kvalo

- V
- Vv
- Lv
- tv
- Tv
- Qk
- Qr
- Ak
- Ar

$$Kvalo = \{ (Lv/Vv - Lv/V) + to \} \times tv/24 \times (Qk \times Ak + Qr \times Ar) \times Tv$$

Kiertotien aiheuttamat aika- ja matkakustannukset

- tien sallittu nopeus (km/h)
- kiertotien sallittu nopeus (km/h) Vk - kiertotien pituus (km)
- kiertotien kokonaiskesto aika (vrk)
- kevyiden ajoneuvojen määrä (KVL – raskaat) (ajoneuvoa/vrk)
- raskaiden ajoneuvojen määrä (ajoneuvoa/vrk)
- kevyiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus (€/h)
- raskaiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus (€/h)
- kevyiden ajoneuvojen matkan yksikkökustannus (€/km)
- raskaiden ajoneuvojen matkan yksikkökustannus (€/km)

Kkier

- V
- Lk
- Tk
- Qk
- Qr
- Ak
- Ar
- Ck
- Cr

$$Kkier = \{ (Lk/Vk - Lk/V) \times (Qk \times Ak + Qr \times Ar) + Lk \times (Qk \times Ck + Qr \times Cr) \} \times Tk$$

Yksikkökustannuksille Ak, Ar, Ck ja Cr käytetään vakiohintoja, joita voidaan tarkistaa aika ajoin. Toistaiseksi käytettäväksi päätetyt yksikköhinnat ilmenevät seuraavasta laskentataulukosta, joka on vertailulaskentoja varten laadittu Excel taulukoksi.

Vakioidut yksikköhinnat

Kevyiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus Ak (€/h)	20
Raskaiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus Ar (€/h)	60
Kevyiden ajoneuvojen matkan yksikkökustannus Ck (€/km)	0,10
Raskaiden ajoneuvojen matkan yksikkökustannus Cr (€/km)	0,40

Liite 3. Investointilaskelmaraportit Terässilta

KUSTANNUSARVIO NIMIKKEITTÄIN



Projekti: Susannan_hanke > Laitaatsaimen silta > Terässilta
 Laskelma: 2A Teräksinen paikkisilta (Tpoi)
 Työnumero: 5011
 Hankkeen tyyppi: Elinkaari
 Dokumentin luoja: Susanna Suomela
 Vastuhenkilö: Susanna Suomela
 Viimeinen muokkaaja: Susanna Suomela
 Raporttija: Susanna Suomela
 Asiakas: Liikennevirasto
 Projektipäällikkö:
 Aluekerroin: 0,91
 Kustannusindeksi: 105,30 (2015=100)
 Päivämäärä: 11.2.2019

Laskelman kustannukset yhteensä: 9 405 000 €

Koko laskelma Rakennusosat

Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
1000	Maa-, pohja- ja kalliorakenteet				221 832 €
1300	Perustusrakenteet				61 981 €
1320	Paaluperustukset				61 981 €
1321	Paalut				61 981 €
1321.1212	Teräspalkkipaalu RR1200, määrä alle 50 m/vaikeat olosuhteet	mtr	43	1 125,51 €	48 397 €
1321.1213	+betonoinnin lisäkustannus RR1200, teräspalkkipaalu	mtr	43	142,85 €	6 143 €
1321.1213	+raudoituksen lisäkustannus RR1200, teräspalkkipaalu	mtr	43	109,99 €	4 730 €
1321.21	Teräspalkkipaalu kalliojärki *	kpl	0	452,01 €	2 712 €
1600	Maaleikkaukset ja -kalvannot				26 326 €
1620	Maakalvannot				26 326 €
1624	Rakennus- ja siltakalvannot				26 326 €
1624	Siltakalvanto, laajuus > 1000 m3ktr TAI helpot olosuhteet	m3ktr	6 190	4,25 €	26 326 €
1700	Kallioleikkaukset, -kalvannot ja -tunnelit				33 805 €
1730	Kallioon louhittavat rakennus- ja siltakalvannot				33 805 €
1732	Siltakalvannot kalliossa				33 805 €
1732	Siltakalvannot kalliossa, h > 1m, 1 000- 5 000 m3ktr, normaali	m3ktr	1 665	20,30 €	33 805 €
1800	Penkereet, maapadot ja täytöt				99 820 €
1810	Penkereet				8 450 €
1811	Penkereet				8 450 €
1811.11	Maapenger, tie	m3ktr	1 150	7,35 €	8 450 €
1830	Kalvantojen täytöt				91 369 €
1834	Perustusten alustäytöt				40 000 €
1834	Alustäyttö murskeesta	m3ktr	3 015	13,27 €	40 000 €

Rakennusosat

Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
1800	Penkereet, maapadot ja täytöt				99 820 €
1830	Kaivantojen täytöt				91 369 €
1835	Rakenteiden ympärystäytöt				51 369 €
1835	Ympärystäyttö murskeella	m3rtr	3 445	14,91 €	51 369 €
2000	Päälyys- ja pintarakenteet				20 864 €
2100	Päälyysrakenteen osat ja radan alusrakennekerrokset				20 864 €
2140	Päälysteet ja pintarakenteet				20 864 €
2143	Ladottavat pintarakenteet				20 864 €
2143.24	Kiviheitokeverhous	m2tr	760	27,45 €	20 864 €
4000	Rakennustekniset rakennusosat				6 514 655 €
4200	Sillat				6 514 655 €
4207	Sillan peruslaatat				161 077 €
4207.1	Muotit ja telineet				20 323 €
4207.1	Sillan peruslaatan teline- ja muotityöt	m2tr	383	53,06 €	20 323 €
4207.2	Raudoitteet				73 165 €
4207.2	Sillan peruslaatan raudoitustyöt, betoniteräs A500HW	kg	61 380	1,38 €	84 588 €
4207.2	+ Lisäkustannus sillan peruslaatan raudoitustöille, laajuus suuri >20000kg TAI helpot olosuhteet	kg	61 380	- ,19 €	- 11 423 €
4207.4	Betoni				67 589 €
4207.4	Sillan peruslaatan betonointityöt, betoni C25/30 (K30)	m3rtr	615	93,04 €	57 220 €
4207.4	+ P20, betonin lisäkustannus, sillan peruslaatat	m3rtr	615	16,86 €	10 369 €
4210	Sillan tukirakenteet				408 032 €
4211	Päätytuet				62 277 €
4211.11	Sillan maa-/päätytukien teline- ja muotityöt	m2	384	65,72 €	25 237 €
4211.11	+ Lisäkustannus sillan maa-/päätytukien teline- ja muotitöille, muotikangas	m2	17	14,77 €	251 €
4211.12	Sillan maa-/päätytukien raudoitustyöt, betoniteräs A500HW	kg	11 400	1,64 €	18 672 €
4211.14	Sillan maa-/päätytukien betonointityöt, valmisbetoni C25/30 (K30)	m3rtr	126	113,52 €	14 303 €
4211.14	+ C35/45 (K45), lisäkustannus, sillan maa-/päätytuet	m3rtr	6	23,13 €	139 €
4211.14	+ P30, lisäkustannus, sillan maa-/päätytuet	m3rtr	120	28,69 €	3 443 €
4211.14	+ P50, lisäkustannus, sillan maa-/päätytuet	m3rtr	6	38,80 €	233 €
4212	Välituet				344 363 €
4212.11	Sillan välitukien teline- ja muotityöt	m2	1 412	64,87 €	91 592 €
4212.11	+ Lisäkustannus sillan välitukien teline- ja muotitöille, laajuus suuri >1000m2 TAI helpot olosuhteet	m2	1 412	- 12,16 €	- 17 168 €
4212.12	Sillan välitukien raudoitustyöt, betoniteräs A500HW	kg	105 000	1,81 €	189 557 €
4212.12	+ Lisäkustannus sillan välitukien raudoitustöille, laajuus suuri >20000kg TAI helpot olosuhteet	kg	105 000	- ,31 €	- 32 477 €
4212.14	Sillan välitukien betonointityöt, valmisbetoni C25/30 (K30)	m3rtr	657	119,96 €	78 815 €
4212.14	+ C35/45 (K45), lisäkustannus, sillan välituet	m3rtr	657	23,13 €	15 195 €
4212.14	+ P30, lisäkustannus, sillan välituet	m3rtr	657	28,69 €	18 849 €

Rakennusosat

Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
4200	Sillat				6 514 655 €
4210	Sillan tukirakenteet				408 032 €
4213	Sillan tukirakenteiden eristykset				1 141 €
4213.1	Sillan tukirakenteiden kosteudeneristys kumibitumisively	m2	114	10,01 €	1 141 €
4214	Sillan tukirakenteiden verhoukset				250 €
4214.5	Betonipintojen impregnointi, sillan tukirakenteet	m2	9	27,82 €	250 €
4220	Sillan päälysrakenteet				4 804 730 €
4221	Betonirakenteet päälysrakenteessa				826 255 €
4221.1	+ Lisäkustannus kehäsillan muottitöille, laajuus suuri >1000m2 TAI helpot olosuhteet	m2	4 810	- 7,68 €	- 36 935 €
4221.1	Palkilla valettavan betonisillan päälysrakenteen muottityöt, maasilta	m2	4 810	56,38 €	271 184 €
4221.1	+ Lisäkustannus päälysrakenteen muottitöille, muottikangas	m2	820	15,03 €	12 323 €
4221.2	Sillan päälysrakenteen rauditustyöt, betoniteräs A500HW	kg	299 000	1,47 €	439 351 €
4221.2	+ Lisäkustannus sillan päälysrakenteen rauditustyöille, laajuus suuri >50000kg TAI helpot olosuhteet	kg	299 000	- ,28 €	- 85 095 €
4221.4	Sillan päälysrakenteen betonointityöt valmisbetoni C25/30 (K30)	m3tr	1 300	106,58 €	138 549 €
4221.4	+ C35/45 (K45), lisäkustannus, sillan päälysrakenne ja kehäsillan jalka ja silpimuuri	m3tr	1 300	23,13 €	30 067 €
4221.4	+ P30, lisäkustannus, sillan päälysrakenne ja kehäsillan jalka ja silpimuuri	m3tr	1 102	28,69 €	31 616 €
4221.4	+ P50, lisäkustannus, sillan päälysrakenne ja kehäsillan jalka ja silpimuuri	m3tr	198	38,80 €	7 682 €
4221.4	+ Hildastihaine, lisäkustannus, sillan päälysrakenne ja kehäsillan jalka ja silpimuuri	m3tr	1 300	13,47 €	17 515 €
4223	Teräsrakenteet päälysrakenteessa				4 057 633 €
4223	Sillan kannatinrakenteen primääripalkki, teräksestä	kg	978 000	3,68 €	3 597 964 €
4223	Sillan kannatinrakenteen sekundääripalkki, teräksestä	kg	154 500	2,98 €	459 668 €
	sis. vaamapultit				
4226	Päälysrakenteen pintojen verhoukset				10 851 €
4226.5	Betonipintojen impregnointi, sillan päälysrakenne	m2	390	27,82 €	10 851 €
4230	Sillan kannen pintarakenteet				571 770 €
4231	Eristys				430 919 €
4231.1	Sillan kannen eristysalustan hiekkapuhallus	m2tr	4 185	4,81 €	20 148 €
4231.2	Sillan kannen epoksihartsitivisyys 2-kertaisena	m2tr	8 370	24,09 €	201 596 €
4231.3	Sillan kannen kumibitumikermieristys, 2-kert.	m2tr	4 185	24,68 €	103 283 €
4231.7	Sillan reunapalkin sis.pinnan sively kumibitumilla	m2tr	350	7,87 €	2 755 €
4231.8	Sääsuoja sillan kannen eristämistä varten	m2tr	4 545	22,69 €	103 137 €
4232	Eristyksen suojaus				75 761 €
4232.1	AB 6/50, sillan kannen eristyksen suojakerroksena	m2	4 185	7,68 €	32 138 €

Rakennusosat

Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
4200	Sillat				6 514 655 €
4230	Sillan kannen pintarakenteet				571 779 €
4232	Eristyksen suojaus				75 761 €
4232.1	AB 11/70, sillan kannen eristyksen suojakerroksena	m2	4 185	10,42 €	43 622 €
4233	Sillan päällyste				65 100 €
4233.14	SMA 16/120 (50 mm), sillan päällyste	m2tr	4 185	15,56 €	65 100 €
4240	Sillan varusteet ja laitteet				479 028 €
4241	Liikuntasaumat				97 232 €
4241	Reunapalkin liikuntasauaman tiivistäminen saumausmassalla	mtr	994	69,54 €	69 123 €
4241.1	Patentoitu liikuntasaumalaite, liikuntavara 100-150 mm	mtr	19	1 464,04 €	28 109 €
	Liikuntavara 240/300mm				
4242	Laakerit ja nivelet				76 948 €
4242.13	Kalottilaakeri, kilntä 11 MN	kpl	2	3 539,65 €	7 079 €
	13,5 MN				
4242.13	Kalottilaakeri, liikkuva 4 MN	kpl	4	3 062,88 €	12 252 €
4242.13	Kalottilaakeri, liikkuva 9 MN	kpl	4	5 396,57 €	21 586 €
4242.13	Kalottilaakeri, liikkuva 10 MN	kpl	4	5 854,52 €	23 418 €
4242.13	Kalottilaakeri, liikkuva 11 MN	kpl	2	6 306,20 €	12 612 €
	13,5 MN				
4244	Siirtymälaatat				8 981 €
4244.1	Sillan siirtymälaatat, vaimisbetoni C25/30 (K30)	m3	26	295,76 €	7 690 €
4244.1	+ C30/37 (K37), betonin lisäkustannus, sillan siirtymälaatat	m3	26	10,85 €	282 €
4244.1	+ P50, betonin lisäkustannus, sillan siirtymälaatat	m3	26	38,80 €	1 009 €
4245	Suojalaitteet				249 206 €
4245.12	Sillan harva kalde, korkea (H2)	mtr	788	120,43 €	94 899 €
4245.12	Sillan tiheä kalde, korkea (H2)	mtr	200	129,61 €	25 921 €
4245.12	Siltakalteen vino pää	kpl	4	384,99 €	1 540 €
4245.12	Siltakalteen korkea suojaverkko (H2)	mtr	788	59,45 €	46 845 €
4245.12	Lasinen melukalde h=1,2 m *	mtr	200	400,00 €	80 000 €
4248	Kulvatuslaitteet				44 706 €
4248.1	Tippuputki	kpl	260	29,95 €	7 786 €
4248.21	Pintavesiputki	kpl	21	229,86 €	4 827 €
4248.22	Syöksytorni	mtr	200	118,55 €	23 711 €
4248.4	Sillan reunan varustaminen salaojalla	mtr	50	62,49 €	3 125 €
4248.52	Luisan pintavesiputken asennus	mtr		85,43 €	0 €
4248.52	Pintavesikalvo luisassa	kpl	2	657,14 €	1 314 €
4248.52	Pintavesikalvo luisassa	kpl	6	657,14 €	3 943 €
4249	Muut sillan varusteet ja laitteet				1 957 €
4249.1	Panosputki	mtr	48	33,46 €	1 606 €
4249.2	Kontaktitappi	kpl	48	7,30 €	351 €

Rakennusosat

Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
4900	Muut rakennusosat				0 €
4999	Muut rakennusosat				0 €
					0 €
4999	Väylämerkit *	kpl	2	0,00 €	0 €

1000-4900	Rakennusosat yhteensä				6 757 450 €
-----------	-----------------------	--	--	--	-------------

Työmaatehtävät

5100	Rakentamisen johtotehtävät				337 873 €
5300	Rakentamisen työmaatehtävät ja erityiset työmaakulut				135 149 €
5400	Työmaapalvelut				135 149 €
5500	Työmaan kalusto				67 575 €
5200	Urakoitsijan yritystehtävät				743 320 €
5761.31	Hintatason muutokset				0 €

	Työmaatehtävät yhteensä				1 419 065 €
--	-------------------------	--	--	--	-------------

1000-5500	Rakennusosat ja työmaatehtävät yhteensä				8 176 515 €
-----------	---	--	--	--	-------------

Tilaaajatehtävät

5600	Suunnittelutehtävät				613 239 €
5700	Rakennuttamis- ja omistajatehtävät				615 283 €

	Tilaaajatehtävät yhteensä				1 228 521 €
--	---------------------------	--	--	--	-------------

1000-5580	Rakennusosat, työmaatehtävät ja tilaaajatehtävät yhteensä				9 405 036 €
-----------	---	--	--	--	-------------

Muut kustannukset

Nimi	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
Muut kustannukset yhteensä				
Koko hanke yhteensä	(Alv. 0%)			9 405 000 €
	(Alv. 24%)			2 257 200 €
Koko hanke yhteensä	(Alv. 24%)			11 662 200 €

Betonisilta

KUSTANNUSARVIO NIMIKKEITTÄIN



Projekt:	Susanna_hanke > Laitaatsaimen silta > Betonisilta
Laskelma:	2A Jännitetty betoninen jatkuva paikkisilta (JBp)
Työnumero:	S2B S/19933 t-4
Hankkeen tyyppi:	Elinkaari
Dokumentin luoja:	Susanna Suomela
Vastuhenkilö:	Susanna Suomela
Viimeinen muokkaaja:	Susanna Suomela
Raporttija:	Susanna Suomela
Asiakas:	Liikennevirasto
Projektipäällikkö:	
Aluekerron:	0,91
Kustannusindeksi:	105,30 (2015=100)
Päivämäärä:	11.2.2019

Laskelman kustannukset yhteensä: 7 042 800 €

Koko laskelma Rakennusosat

Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
1000	Maa-, pohja- ja kalliorakenteet				193 590 €
1100	Olevat rakenteet ja rakennusosat				0 €
1120	Polstettavat, silmättävät ja suojattavat rakenteet				0 €
1123	Polstettavat, silmättävät ja suojattavat sillat				0 €
1123	Sillan purkutyö (pelkkä työ)	m3		28,30 €	0 €
1300	Perustusrakenteet				54 539 €
1320	Paaluperustukset				54 539 €
1321	Paalut				54 539 €
1321.1212	Teräsputkipaalu RR800, määrä 50-200 m/normaalit olosuhteet	mtr	86	430,55 €	37 027 €
1321.1213	+betonoinnin lisäkustannus RR800, teräsputkipaalut	mtr	86	62,93 €	5 412 €
1321.1213	+raudoituksen lisäkustannus RR800, teräsputkipaalut	mtr	86	77,63 €	6 676 €
1321.21	Teräsputkipaalu kallioakseli *	kpl	12	452,01 €	5 424 €
1400	Pohjarakenteet				2 699 €
1410	Vahvistetut maarakenteet				2 000 €
1413	Stabiloidut maarakenteet				2 699 €
1413.3	Alusbetoni	m3tr	30	89,97 €	2 699 €
1600	Maaleikkaukset ja -kalvannot				26 539 €
1620	Maakalvannot				20 530 €
1624	Rakennus- ja siltakalvannot				26 539 €
1624	Siltakalvanto, laajuus > 1000 m3ktr TAI helpot olosuhteet	m3ktr	6 240	4,25 €	26 539 €

Rakennusosat

Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
1700	Kallioleikkaukset, -kalvannot ja -tunnellit				4 427 €
1730	Kallioon louhittavat rakennus- ja siltakalvannot				4 427 €
1732	Siltakalvannot kalliolla				4 427 €
1732	Siltakalvannot kalliolla, h > 1m, 0-200 m3ktr, normaali	m3ktr	140	27,26 €	3 816 €
1732	Siltakalvannot kalliolla, h < 1m, pieni määrä (< 5000m2)	m2	20	30,54 €	611 €
1800	Penkereet, maapadot ja täytöt				105 387 €
1810	Penkereet				8 450 €
1811	Penkereet				8 450 €
1811.11	Maapenger, tie	m3rtr	1 150	7,35 €	8 450 €
1830	Kalvantojen täytöt				96 937 €
1834	Perustusten alustäytöt				40 199 €
1834	Alustäyttö murskeesta	m3rtr	3 030	13,27 €	40 199 €
1835	Rakentelujen ympärystäytöt				56 738 €
1835	Ympärystäyttö murskeella	m3rtr	3 805	14,91 €	56 738 €
2000	Päällyys- ja pintarakenteet				20 864 €
2100	Päällysrakenteen osat ja radan alusrakennekerrokset				20 864 €
2140	Päällysteet ja pintarakenteet				20 864 €
2143	Ladottavat pintarakenteet				20 864 €
2143.24	Kiviheltokeverous	m2tr	760	27,45 €	20 864 €
4000	Rakennustekniset rakennusosat				4 845 773 €
4200	Sillat				4 845 773 €
4207	Sillan peruslaatat				187 366 €
4207.1	Muotit ja telneet				22 233 €
4207.1	Sillan peruslaatan telne- ja muotit	m2tr	419	53,06 €	22 233 €
4207.2	Raudotteet				83 917 €
4207.2	Sillan peruslaatan raudotustyyt, betoniteräs A500HW	kg	70 400	1,38 €	97 018 €
4207.2	+ Lisäkustannus sillan peruslaatan raudotustölle, laajuus suuri >20000kg TAI helpot olosuhteet	kg	70 400	- ,19 €	- 13 101 €
4207.4	Betoni				81 217 €
4207.4	Sillan peruslaatan betonointityt, betoni C25/30 (K30)	m3rtr	739	93,04 €	68 757 €
4207.4	+ P20, betonin lisäkustannus, sillan peruslaatat	m3rtr	739	16,86 €	12 460 €
4210	Sillan tukirakenteet				413 649 €
4211	Päätytuet				53 219 €
4211.11	Sillan maa- /päätytukien telne- ja muotit	m2	384	65,72 €	25 237 €
4211.11	+ Lisäkustannus sillan maa- /päätytukien telne- ja muotitölle, muottikangas	m2	17	14,77 €	251 €
4211.12	Sillan maa- /päätytukien raudotustyyt, betoniteräs A500HW	kg	11 400	1,64 €	18 672 €
4211.14	Sillan maa- /päätytukien betonointityt, valmisbetoni C25/30 (K30)	m3rtr	63	113,52 €	7 152 €
4211.14	+ C35/45 (K45), lisäkustannus, sillan maa- /päätytuet	m3rtr	3	23,13 €	69 €
4211.14	+ P30, lisäkustannus, sillan maa- /päätytuet	m3rtr	60	28,69 €	1 721 €
4211.14	+ P50, lisäkustannus, sillan maa- /päätytuet	m3rtr	3	38,80 €	116 €

Rakennusosat

Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
4200	Sillat				4 845 773 €
4210	Sillan tukirakenteet				413 040 €
4212	Välituet				359 039 €
4212.11	Sillan välitukien teline- ja muottityöt	m2	1 337	64,87 €	86 727 €
4212.11	+ Lisäkustannus sillan välitukien teline- ja muottityölle, laajuus suuri >1000m2 TAI helpot olosuhteet	m2	1 337	- 12,16 €	- 16 256 €
4212.12	Sillan välitukien raudotustyöt, betoniteräs A500HW	kg	112 400	1,81 €	202 916 €
4212.12	+ Lisäkustannus sillan välitukien raudotustyölle, laajuus suuri >20000kg TAI helpot olosuhteet	kg	112 400	- ,31 €	- 34 765 €
4212.14	Sillan välitukien betonointityöt, valmisbetoni C25/30 (K30)	m3rtr	701	119,96 €	84 093 €
4212.14	+ C35/45 (K45), lisäkustannus, sillan välituet	m3rtr	701	23,13 €	16 213 €
4212.14	+ P30, lisäkustannus, sillan välituet	m3rtr	701	28,69 €	20 111 €
4213	Sillan tukirakenteiden eristykset				1 141 €
4213.1	Sillan tukirakenteiden kosteudeneristys kumibitumisively	m2	114	10,01 €	1 141 €
4214	Sillan tukirakenteiden verhoukset				250 €
4214.5	Betonipintojen impregnointi, sillan tukirakenteet	m2	9	27,82 €	250 €
4220	Sillan päälysrakenteet				3 188 571 €
4221	Betonirakenteet päälysrakenteessa				3 177 719 €
4221.1	Palkkila valettavan betonisillan päälysrakenteen muottityöt, maasilta	m2	10 350	56,38 €	583 525 €
4221.1	+ Lisäkustannus päälysrakenteen muottityölle, muottikangas	m2	820	15,03 €	12 323 €
4221.1	+ Lisäkustannus maasilian päälysrakenteen muottityölle, laajuus suuri >1000m2 TAI helpot olosuhteet	m2	10 350	- 10,14 €	- 104 923 €
4221.11	Telineiden pystytys ja purkaminen, maasilta	m2	4 545	77,05 €	350 192 €
4221.11	+ Lisäkustannus päälysrakenteen telineillä, vesistösilta	m2	4 545	42,18 €	191 721 €
4221.2	Sillan päälysrakenteen raudotustyöt, betoniteräs A500HW	kg	399 000	1,47 €	586 291 €
4221.2	+ Lisäkustannus sillan päälysrakenteen raudotustyölle, laajuus suuri >50000kg TAI helpot olosuhteet	kg	399 000	- ,28 €	- 113 555 €
4221.3	Sillan päälysrakenteen jännittämistyöt (Jänneteräs St 1570/1770)	kg	181 000	5,80 €	1 050 180 €
4221.4	Sillan päälysrakenteen betonointityöt valmisbetoni C25/30 (K30)	m3rtr	3 680	106,58 €	392 200 €
4221.4	+ Lisäkustannus sillan päälysrakenteen betonointityölle, laajuus suuri >1500m3 TAI helpot olosuhteet	m3rtr	3 680	- 11,51 €	- 42 349 €
4221.4	+ C40/50 (K50), lisäkustannus, sillan päälysrakenne ja kehäsilian jalaka ja silpimuuri	m3rtr	3 680	31,24 €	114 957 €
4221.4	+ P30, lisäkustannus, sillan päälysrakenne ja kehäsilian jalaka ja silpimuuri	m3rtr	3 482	28,69 €	99 896 €
4221.4	+ P50, lisäkustannus, sillan päälysrakenne ja kehäsilian jalaka ja silpimuuri	m3rtr	198	38,80 €	7 682 €
4221.4	+ Hidastinaine, lisäkustannus, sillan päälysrakenne ja kehäsilian jalaka ja silpimuuri	m3rtr	3 680	13,47 €	49 580 €

Rakennusosat

Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
4200	Sillat				4 845 773 €
4220	Sillan pääilysrakenteet				3 188 571 €
4226	Pääilysrakenteen pintojen verhoukset				10 851 €
4226.5	Betonipintojen impregnointi, sillan pääilysrakenne	m2	390	27,82 €	10 851 €
4230	Sillan kannen pintarakenteet				567 974 €
4231	Eristys				430 919 €
4231.1	Sillan kannen eristysalustan hiekkapuhallus	m2tr	4 185	4,81 €	20 148 €
4231.2	Sillan kannen epoksihartsiivistys	m2tr	8 370	24,09 €	201 596 €
	Epoksiivistys 2-kertaisena				
4231.3	Sillan kannen kumibitumikermieristys, 2-kert.	m2tr	4 185	24,68 €	103 283 €
4231.7	Sillan reunapalkin sis.pinnan sively kumibitumilla	m2tr	350	7,87 €	2 755 €
4231.8	Sääsuoja sillan kannen eristämistä varten	m2tr	4 545	22,69 €	103 137 €
4232	Eristyksen suojaus				32 138 €
4232.1	AB 6/50, sillan kannen eristyksen suojakerroksena	m2	4 185	7,68 €	32 138 €
4233	Sillan päällyste				104 917 €
4233.11	AB 11/70 (30 mm) (asfaltitettava pinta-ala yli 1500 m2), sillan päällyste	m2tr	4 185	9,51 €	39 817 €
4233.14	SMA 16/120 (50 mm), sillan päällyste	m2tr	4 185	15,56 €	65 100 €
4240	Sillan varusteet ja laitteet				488 212 €
4241	Liikuntasamat				97 232 €
4241	Reunapalkin liikuntasauaman tiivistäminen saumausmassalla	mtr	994	69,54 €	69 123 €
4241.1	Patentoitu liikuntasauimalaite, liikuntavara 100-150 mm	mtr	19	1 464,04 €	28 109 €
	Liikuntavara 240/300 mm				
4242	Laakerit ja nivelet				86 132 €
4242.13	Kalottilaakeri, kilntä 11 MN	kpl	2	3 539,65 €	7 079 €
	22 MN				
4242.13	Kalottilaakeri, liukuva 6 MN	kpl	4	3 997,61 €	15 990 €
4242.13	Kalottilaakeri, liukuva 11 MN	kpl	10	6 306,20 €	63 062 €
	12 MN (4), 14 MN (4), 22 MN (2)				
4244	Siirtymälaatat				8 981 €
4244.1	Sillan siirtymälaatat, valmisbetoni C25/30 (K30)	m3	26	295,76 €	7 690 €
4244.1	+ C30/37 (K37), betonin lisäkustannus, sillan siirtymälaatat	m3	26	10,85 €	282 €
4244.1	+ P50, betonin lisäkustannus, sillan siirtymälaatat	m3	26	38,80 €	1 009 €
4245	Suojalaitteet				249 206 €
4245.12	Sillan harva kalde, korkea (H2)	mtr	788	120,43 €	94 899 €
4245.12	Sillan tiheä kalde, korkea (H2)	mtr	200	129,61 €	25 921 €
4245.12	Siltakalteen vino pää	kpl	4	384,99 €	1 540 €
4245.12	Siltakalteen korkea suojaverkko (H2)	mtr	788	59,45 €	46 845 €
4245.12	Lasinen melukalde h=1,2 m *	mtr	200	400,00 €	80 000 €
4248	Kulvatuslaitteet				44 706 €
4248.1	Tippuputki	kpl	260	29,95 €	7 786 €

Rakennusosat

Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
4200	Sillat				4 845 773 €
4240	Sillan varusteet ja laitteet				488 212 €
4248	Kulvatuslaitteet				44 706 €
4248.21	Pintavesiputki	kpl	21	229,86 €	4 827 €
4248.22	Syöksytorni	mtr	200	118,55 €	23 711 €
4248.4	Sillan reunan varustaminen salaojalla	mtr	50	62,49 €	3 125 €
4248.52	Luisikan pintavesiputken asennus	mtr		85,43 €	0 €
4248.52	Pintavesikalvo luisikassa	kpl	6	657,14 €	3 943 €
4248.52	Pintavesikalvo luisikassa	kpl	2	657,14 €	1 314 €
4249	Muut sillan varusteet ja laitteet				1 957 €
4249.1	Panosputki	mtr	48	33,46 €	1 606 €
4249.2	Kontaktitappi	kpl	48	7,30 €	351 €
4900	Muut rakennusosat				0 €
4999	Muut rakennusosat				0 €
					0 €
4999	Väylämerkit *	kpl	2	0,00 €	0 €
1000-4900	Rakennusosat yhteensä				5 060 226 €

Työmaatehtävät

5100	Rakentamisen johtotehtävät				253 011 €
5300	Rakentamisen työmaatehtävät ja erityiset työmaakulut				101 205 €
5400	Työmaapalvelut				101 205 €
5500	Työmaan kalusto				50 602 €
5200	Urakoitsijan yritystehtävät				556 625 €
5761.31	Hintatason muutokset				0 €
	Työmaatehtävät yhteensä				1 062 648 €
1000-5500	Rakennusosat ja työmaatehtävät yhteensä				6 122 874 €

Tilaaajatehtävät

5600	Suunnittelutehtävät				459 216 €
5700	Rakennuttamis- ja omistajatehtävät				460 746 €
	Tilaaajatehtävät yhteensä				919 962 €
1000-5580	Rakennusosat, työmaatehtävät ja tilaaajatehtävät yhteensä				7 042 836 €

Muut kustannukset

Nimi	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
Muut kustannukset yhteensä				
Koko hanke yhteensä	(Alv. 0%)			7 042 800 €
	(Alv. 24%)			1 690 300 €
Koko hanke yhteensä	(Alv. 24%)			8 733 100 €

Liite 4. Siltojen hoitosuunnitelma ja kustannukset liikennehaittakustannuksineen

	TOIMENPIDE	taajuus	määrä	kesto	Fore	LIIKENNEHAITTA		
					kustannus (€)	nopeusrajoitus	vuosi	kustannus (€)
T + B	Vuositarkastus hoidon yhteydessä	1v	99	1 h	167	ei		0
T + B	Sillan pesu (reunapalkit, saumalaitteet, kansi)	1 v	99	4 h	2 084	60->30 km/h	2018-2038 2038-2058 2058-2078 2078-2098 2098-2118	228 273 305 337 369
T	Terässillan palkkien pesu	10v	9	16 h	2 000	60->30 km/h	2018-2038 2038-2058 2058-2078 2078-2098 2098-2118	912 1 090 1 219 1 347 1 475
T + B	sillan kaiteiden pesu	1 v	99	8h	3 922	60->30 km/h	2018-2038 2038-2058 2058-2078 2078-2098 2098-2118	456 545 609 673 738
T + B	Keiloiden ja ympäristön hoito	1v	99	4 h	300	60->30 km/h	2018-2038 2038-2058 2058-2078 2078-2098 2098-2118	228 273 305 337 369
T + B	Pienet korjaukset	4v	24	8 h	500	60->30 km/h	2018-2038 2038-2058 2058-2078 2078-2098 2098-2118	456 545 609 673 738
T + B	Kaiteiden maalaus	10 v	9	16 h	12 200	60->30 km/h	2018-2038 2038-2058 2058-2078 2078-2098 2098-2118	912 1 090 1 219 1 347 1 475

T = toimenpide tehdään ainoastaan terässillalle

T + B = toimenpide tehdään sekä teräs- että betonisillalle

Liite 6. Betonisillan ylläpitosuunnitelma ja kustannusarvio liikennehaittakustannuksineen

BETONISILTA 2A													
TOIMENPIDE													
Investointi	vuosi (0=rak.v.)	vuosi	määrä	yksikkö	yks.hinta	kustannus (€)	lisähuomautus	kesto	kaistajärjestelyt	nopeus	vuosi	kustannus	
JATKUVAT TOIMENPITEET													
Yleistarkastus	joka 5 v	2028	19		1000	19 000	Yleistarkastus 5 vuoden välein, ja	4 h	ei	60-30 km/h	2028	456	
Laajennetun yleistarkastuksen lisäkustannus	joka 10 v	2038	9		5000	45 000	laajennettu yleistarkastus 10 vuoden välein	8 h	kaista kerrallaan		2038	545	
		2048									2048	609	
		2058									2058	609	
		2068									2068	609	
		2078									2078	609	
		2088									2088	609	
		2098									2098	609	
		2108									2108	609	
YLLÄPITOTAPAHTUMAT													
YLLÄPITOKORJAUS 1	20	2038				64 000		2 pv	kaista kerrallaan	60-30 km/h	2038	3 271	
työmaan perustaminen ja liikennejärjestelyt						10 000							
laakerien huolto			16	kpl	300	4 800	tuulen kohdalla						
saumalaiteiden kunnostus			200	m	1000	20 000	kapeampi silta, molemmissa päissä 10m						
halkaamisen injektointia			100	m	90	9 000							
paikkamalausta			0	m2	150	0	ei betonisillassa						
Betoniinjoihin korjaus (50 m2)			50	m2	1000	50 000	betonirakenteen paikkaus, ruskubetonointi						
						93 800							
						30 000							
						30 000							
ERIKOISTARKASTUS 1	32	2060						8 h	laajennetut kaistat	60-20 km/h	2060	1 060	
PERUSKORJAUS 1	35	2063						4kk	Silta kerrallaan kaistat 4>2	60-30 km/h	2063	168 248	
korjaussuunnitelma			1	kpl	30000	30 000							
reunapalkin ja kaiteen vaihto			982	m	1500	1 473 000	2 x sillan pituus						
Pintarakenteiden uusiminen			4209	m2	350	1 473 063	sillan pituus * sillan leveys (481x8,75)						
Betoniinjoihin korjausta			300	m2	1000	300 000	enemmän betonisillassa						
Saumalaiteiden vaihto			2	kpl	50000	100 000							
uudelleinmaalaus			0	m2	300	0	ei betonisillassa						
Yhteiskustannukset (sis työmaan perustaminen, liikennejärjestelyt)						844 016	25 % kokonaiskustannuksista						
						4 220 078							
YLLÄPITOKORJAUS 2	50	2068						2 pv	kaista kerrallaan	60-30 km/h	2068	3 659	
työmaan perustaminen ja liikennejärjestelyt						10 000							
laakerien huolto			1	kpl	10000	10 000							
saumalaiteiden kunnostus			16	kpl	300	4 800							
halkaamisen injektointia			20	m	500	10 000							
paikkamalausta			500	m	20	10 000	enemmän betonisillassa						
			20	m2	150	3 000							
						37 800							
ERIKOISTARKASTUS 2	62	2080						8 h	laajennetut kaistat	60-20 km/h	2080	1 347	
PERUSKORJAUS 2	65	2083						4kk	Silta kerrallaan kaistat 4>2	60-30 km/h	2083	242 424	
korjaussuunnitelma			1	kpl	150000	150 000	sis. Vahventamissuunnitelman						
reunapalkin ja kaiteen vaihto			982	m	1500	1 473 000							
Pintarakenteiden uusiminen			4209	m2	350	1 473 063	sillan pit X sillan lev						
Betoniinjoihin korjausta			3000	m2	1000	3 000 000	pilant, maaliuot, enemmän betonisillassa						
Laakerien vaihto			16	kpl	20000	320 000							
uudelleinmaalaus			0	m2	300	0	ei betonisillassa						
Sillan vahvistaminen			4209	m2	300	1 262 625	300-500 €/m2						
Yhteiskustannukset (sis työmaan perustaminen, liikennejärjestelyt)						1 919 672	25 % kokonaiskustannuksista						
						9 598 359							
YLLÄPITOKORJAUS 3	85	2103						2 pv	kaista kerrallaan	60-30 km/h	2103	4 425	
työmaan perustaminen ja liikennejärjestelyt			1	kpl	10000	10 000							
laakerien huolto			16	kpl	300	4 800							
saumalaiteiden kunnostus			20	m	500	10 000							
Betoniinjoihin korjausta			500	m2	1000	500 000	enemmän betonisillassa						
						524 800							
SILLAN PURKU	100	2118							Liikenne siirretty muualle		2118		
						500 000							
						500 000							